L'ONDE ÉLECTRIQUE

38e ANNÉE - No 373
AVRIL 1958
PRIX : 350 FRANCS

LIBRARY BOULDER LABORATORIES
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
BOULDER, COLORADO
JUL 15 1958

REVUE MENSUELLE DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
ÉDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE, PARIS-6e

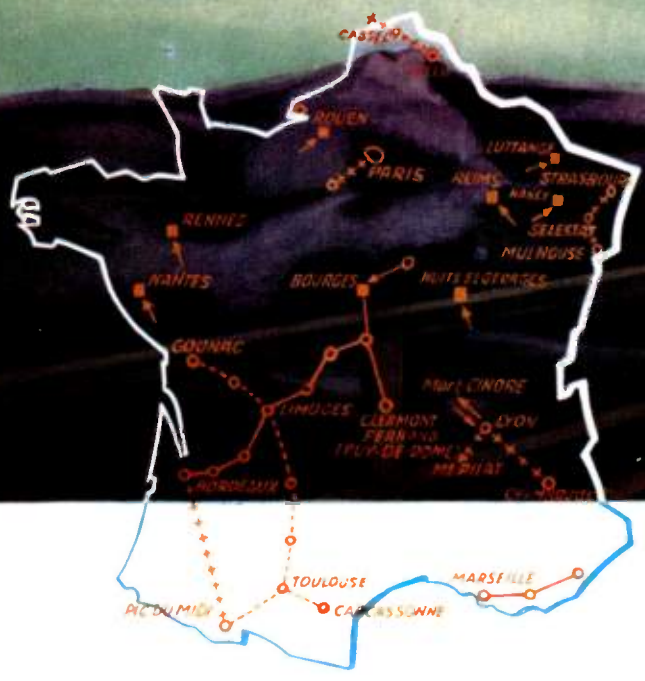
Enregistreur miniature de bord et de trafic de longue durée, Version " AIR " type 720.100, des LABORATOIRES R. DERVEAUX

Numéro consacré aux
COMMUNICATIONS DU COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES PROBLÈMES PHYSIQUES DE LA TÉLÉVISION EN COULEURS
(Paris, juillet 1957)

liaisons hertziennes

4000 Mc/s - TRIODES - 1,5 W ET 15 W

- 30 VOIES TÉLÉPHONIQUES
- 120 VOIES TÉLÉPHONIQUES
- 240 VOIES TÉLÉPHONIQUES
- 6 VOIES RADIODIFFUSION
- 1 VOIE TÉLÉVISION (VIDEO + SON)
- 1 VOIE VIDEO TÉLÉVISION HAUTE QUALITÉ 10 Mc/s



...ÉQUIPÉES PAR

TRT

Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques

SIÈGE SOCIAL ET USINE PILOTE : 26, RUE BOYER • PARIS XX^e • TÉLÉPHONE : MÉN. 62-94 • TÉLÉGRAPHE : TÉRA

USINES A PARIS • BRIVE • ROUEN ET DREU

Exclusivité de la Publicité de l'Onde Électrique : R. Domenach, 161, Bd St.-Germain, Paris 6e — Tél. LIT. 79-53

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue Mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

Vol. XXXVIII **AVRIL 1958** **N° 373**

ÉDITIONS CHIRON, 40, rue de Seine, PARIS - 6e. Tél. MÉD. 18.93 - C.C.P. Paris 53-35

Abonnements 1 an : France : **3.300 F** ; Etranger : **3.700 F** — Prix de ce N° : **350 F**

Exclusivité de la Publicité : M. R. DOMENACH, 161, bd Saint-Germain, PARIS-6e. Tél. LIT. 79.53

Rédaction de l'Onde Électrique : SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
10, avenue Pierre-Larousse, MALAKOFF (Seine)

Colloque International

PROBLÈMES PHYSIQUES DE LA TÉLÉVISION EN COULEURS

(Paris, juillet 1957)

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

10, Avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine) — Tél. ALESIA 04-16 — C. C. P. Paris 697-38

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

FONDATEURS

† Général Ferrié, Membre de l'Institut

† H. Abraham, Professeur à la Sorbone (M. p. F.).
† A. Blondel, Membre de l'Institut.
P. Brenot, Directeur à la Cie Générale de T.S.F.
† J. Cornu, Chef de Bataillon du Génie e.r.
† A. Pérot, Professeur à l'Ecole Polytechnique.
† J. Paraf, Directeur de la Sté des Forces Motrices de la Vienne.
La Société des Ingénieurs Coloniaux.

PRÉSIDENTS D'HONNEUR

† R. Mesny (1947) — † H. Abraham (1947)

Le Prince Louis de Broglie, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, Prix Nobel de Physique.

MEMBRES D'HONNEUR

Sir Edward Appleton, Principal and Vice-Chancellor of Edinburgh University.

MM. Eugène Darmois, Membre de l'Institut.
Gaston Dupouy, Membre de l'Institut, Directeur Général du C.N.R.S.
Frédéric Joliot-Curie, Membre de l'Institut, Prix Nobel de Physique.
Louis Leprince Ringuet, Membre de l'Institut.
Charles Maurain, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris, e.r.
Francis Perrin, Membre de l'Institut, Haut-Commissaire à l'Energie Atomique.

ANCIENS PRÉSIDENTS DE LA SOCIÉTÉ

		MM.
1922		M. de Broglie, Membre de l'Institut.
1923	†	H. Bousquet, Prés. du Cons. d'Adm. de la Cie Gle de T.S.F
1924	†	R. de Valbreuze, Ingénieur.
1925	†	J.-B. Pomey, Inspecteur Général des P.T.T.
1926	†	E. Brylinski, Ingénieur.
1927	†	Ch. Lallemand, Membre de l'Institut.
1928		Ch. Maurain, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
1929	†	L. Lumière, Membre de l'Institut.
1930		Ed. Belin, Ingénieur.
1031		C. Gutton, Membre de l'Institut.
1932	†	P. Caillaux, Conseiller d'Etat.
1933	†	L. Bréguet, Ingénieur.
1934		Ed. Picault, Directeur du Service de la T.S.F.
1935	†	R. Mesny, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.
1936	†	R. Jouaust, Directeur du Laboratoire Central d'Electricité.
1937	†	F. Bedeau, Agrégé de l'Université, Docteur ès Science.
1938		P. Franck, Ingénieur Général de l'Air.
1939	†	J. Bethenod, Membre de l'Institut.
1940	†	H. Abraham, Professeur à la Sorbonne.
1945		L. Bouthillon, Ingénieur en Chef des Télégraphes.
1946		R.P.P. Lejay, Membre de l'Institut.
1947		R. Bureau, Directeur du Laboratoire National de Radioélectricité.
1948		Le Prince Louis de Broglie, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences.
1949		M. Ponte, Directeur Général Adjoint de la Cie Gle de T.S.F.
1950		P. Besson, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.
1951		Général Leschi, Directeur des Services Techniques de la Radiodiffusion-Télévision Française.
1952		J. de Mare, Ingénieur Conseil.
1953		P. David, Ingénieur en Chef à la Marine.
1954		G. Rabuteau, Directeur Général de la Sté « Le Matériel Téléphonique ».
1955		H. Parodi, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.
1956	†	R. Rigal, Ingénieur Général des Télécommunications.
1957		R. Aubert, Directeur Général Technique de la C. S. F.

BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

Président (1958)

M. Gaston Dupouy, Directeur Général Honoraire du C. N. R. S.

Président désigné pour 1959

M. Paul Abadie, Ingénieur en Chef des Télécommunications au L.N.R.

Vice-Présidents

MM. M. Laffineur, Directeur à l'Institut d'Astrophysique de Paris.
J. Matras, Ingénieur Général des Télécommunications.
G. Goudet, Directeur du L. C. T.

Secrétaire Général :

M. A. Flambard, Ingénieur Militaire en Chef.

Secrétaires Généraux Adjoints :

MM. R. Cabessa, Ingénieur à la Société L.M.T.
L.J. Libois, Ingénieur des Télécommunications.

Trésorier :

M. J.M. Moulon, Ingénieur des Télécommunications.

Secrétaires :

MM. B. Gaussot, Chef de Travaux Principal à l'E.S.E.
F.D. Dayonnet, Ingénieur des Télécommunications.
Mlle Baret, Ingénieur Contractuel des Constructions et Armes Navales.

Comité de Rédaction de l'ONDE ÉLECTRIQUE

Président : M. P. Abadie, Ingénieur en Chef des Télécommunications.
Rédacteur en Chef : M. L. J. Libois, Ingénieur des Télécommunications.

SECTIONS D'ÉTUDES ET GROUPES RÉGIONAUX

SECTIONS D'ÉTUDES

Nº	Dénomination	Présidents	Secrétaires
1	Etudes générales.	Général ANGOT	M. TOUTAN
2	Matériel radioélectrique	M. LIZON	M. GAMET
3	Electro-acoustique.	M. DIDIER	MM. BUFFARD R. LEHMANN
4	Télévision.	M. ANGEL	M. DE THIEULLOY
5	Hyperfréquences.	M. WARNECKE	M. CHARLES
6	Electronique.	M. GOUDET	M. PICQUENDAR
7	Documentation.	Cl. LOCHARD	Mme ANGEL
8	Electronique appliquée	I.C.G.M. GIBOIN	M. LARGUIER G. ROTH
9	Electronique Nucléaire.	M. SURDIN	M. LABEYRIE
10	Formation du Personnel Technique.	M. BEURTHERET	M. GILABERT

GROUPE DE GRENOBLE

Président. — M. J. BENOIT, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur de la Section de Haute Fréquence à l'Institut Polytechnique de Grenoble.

Secrétaire. — M. J. MOUSSIEGT, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Grenoble.

GROUPE D'ALGER

Président. — M. H. CORBERY, Ingénieur en Chef à l'Electricité et Gaz d'Algérie.

Secrétaire. — M. P. CACHON, Assistant à la Faculté des Sciences d'Alger.

GROUPE DE L'EST

Président. — M. R. GUILLIEN, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique de Nancy.

Secrétaire. — M. E. GUDEFIN, Assistant à l'E.N.S.E.M.

GROUPE DE MARSEILLE

Président. — M. P. DESTRAY, Directeur de l'Ecole de Radioélectricité de la Chambre de Commerce de Marseille.

Vice-Président. — M. Th. VOGEL, Directeur de Recherches au C.N.R.S.

Secrétaire. — M. J. GIRAUD, Ingénieur des Télécommunications.

CONSEIL DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

MM. P. ANDRIEUX, Ingénieur des Télécommunications.
M. BOELLA, Professeur au Politecnico de Turin.
R. CHARLET, Ingénieur des Télécommunications à la R.T.F.
F. GALLET, Ingénieur des Télécommunications. Ets Ed. BELIN.
M. JEAN, Directeur du Groupe Electronique de la C.F.T.H.
NOZIÈRES, Directeur des Usines de « Tubes Electroniques » à la Sté La Radiotechnique.
P. M. PRACHE, Directeur des Recherches à la Sté L.T.T.
J. WEILL, Ingénieur-Docteur au C.E.A.

S. ALBAGLI, Chef du Laboratoire Radio-Radar de la Marine.
H. ANGLÈS D'AURIAC, Secrétaire Général du Groupe Electronique de la C.F.T.H.
J. BERNIER, Ingénieur en Chef au Département de Recherches « Electronique et Atomistique » de la C.S.F.
E. COURTILLOT, Adjoint à la Direction du Groupe Electronique de la C.F.T.H.

MM. J. DASCOTTE, Chef du Service Electronique Industrielle à la Sté L.M.T.
J. DUFOUR, Ingénieur au Laboratoire de Recherches de la Direction Générale des P.T.T. à Berne (Suisse).
H. FOREY, Directeur des Recherches Sté LIP.
J. LABEYRIE, Chef de la Section d'Electronique Physique au C.E.A.

M. CHABROL, Ingénieur à la C.F.T.H.
P. DEMAN, Ingénieur des Télécommunications. Direction des Services Radioélectriques.
Ed. GEFFROY, Président Directeur Général de la Société Férisol.
G. GINIAUX, Directeur Technique des Editions Chiron.
Général GUERIN, Président du Comité d'Action Scientifique de Défense Nationale.
J. ORTUSI, Ingénieur à la C.S.F.
J. POLONSKY, Directeur Technique du Département Etudes Télévision de la C.S.F.
M. VIDREQUIN, Président Directeur Général de T.R.T.

COMMISSAIRES AUX COMPTES

MM. A. CHARLES, Conseiller Technique Société Kodak-Pathé.
M.D. INDJOUDJIAN, Ingénieur des Télécommunications (en disponibilité).
A. PAGÈS, Directeur de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

EXTRAIT DES STATUTS

. . . . . .

La Société se compose de membres titulaires, dont certains en qualité de membres bienfaiteurs ou de membres donateurs, et de membres d'honneur.

Pour devenir membre titulaire de la Société, il faut :

1° Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux membres, non étudiants, de la Société

2° Etre agréé par le Bureau de la Société.

Tout membre titulaire qui, pour favoriser les études et publications scientifiques ou techniques entreprises par la Société, aura pris l'engagement de verser, pendant cinq années consécutives, une cotisation égale à dix fois la cotisation annuelle, recevra le titre de membre bienfaiteur.

Ceux qui, parmi les membres titulaires, verseront une cotisation égale à cinq fois la cotisation annuelle, seront inscrits en qualité de donateurs.

. . . . . .

Tous les membres de la Société, sauf les membres d'honneur, paient une cotisation dont le montant est fixé par une décision de l'Assemblée Générale.

Les particuliers, membres titulaires, peuvent racheter leur cotisation annuelle moyennant le versement d'une somme égale à dix fois cette cotisation.

Les membres âgés de moins de 25 ans, en cours d'études, pourront, sur leur demande, bénéficier d'une réduction de 50 % sur leur cotisation. Cette réduction ne leur sera accordée que pendant cinq années au plus.

Les membres titulaires reçoivent une publication périodique ayant un caractère technique.

Cette publication leur est adressée gratuitement. Toutefois, les membres résidant à l'étranger devront verser, en sus de leur cotisation annuelle une somme destinée à couvrir les frais supplémentaires.

SOMMAIRE

COLLOQUE INTERNATIONAL
PROBLÈMES PHYSIQUES DE LA TÉLÉVISION EN COULEURS

Ce Colloque a eu lieu du 2 au 6 juillet 1957, au Conservatoire National des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin à Paris. Il a été organisé sur l'initiative de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, en liaison avec l'U.N.E.S.C.O., l'Union Radio-Scientifique Internationale et la Commission Internationale d'Optique. L'organisation matérielle des Séances a été assurée par un Comité d'Organisation constitué par des membres de la Société Française de Physique, de la Société des Radio-électriciens, de la Société Française des Ingénieurs et Techniciens du Vide.

Le texte complet des Conférences et des Communications a été publié en commun par les Revues « ACTA ELECTRONICA » (volume 2, numéros 1-2, 1957-1958) et « OPTICA ACTA » (volume 5, nº hors série, 1958). Les textes que l'on trouvera dans les pages suivantes et que nous avons choisis parmi ceux qui nous paraissaient susceptibles d'intéresser particulièrement les lecteurs de l'Onde Electrique, sont reproduits avec l'aimable autorisation des Directions d'OPTICA ACTA et d'ACTA ELECTRONICA.

Le discours d'ouverture a été prononcé par M. René MAYER, Président de la Haute Autorité de la C. E. C. A., Président du Conseil d'Administration du Conservatoire National des Arts et Métiers.

Au cours de la Séance de Clôture, une allocution a été prononcée par M. le Professeur P. FLEURY au nom de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée.

Le discours de clôture a été prononcé par M. H. LONGCHAMBON, Sénateur, Président du Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique et du Progrès Technique.

Conférences d'ordre général.

Discours pour la séance d'inauguration par M. Louis De Broglie 251
Conférence d'introduction de M. le Dr V.K. Zworykin 255
Conférence de conclusion de M. le Prof. G.A. Boutry 262

Conférences et Communications.

Section I. Comportement de l'œil 268
Section II. Prise de vues et restitution des images 278
Section III. Mesures et résultats obtenus dans la restitution d'une image colorée 300
Section IV. Systèmes de codage utilisés pour la transmission des signaux de télévision en couleurs 302

Activités et Vie de la Société 311

Informations.

Bibliographie 313
Documentation technique 318
Communiqués 319

Les textes de quelques communications, que nous comptions publier intégralement dans ce numéro, n'ont pu y figurer, faute de place, et seront publiés dans un prochain numéro de l'Onde Electrique.

Sur notre couverture :

Enregistreur miniature de bord de trafic de longue durée :

— durée d'enregistrement : 4 heures continues,
— bande passante : 200 à 4 000 Hz à 6 dB.

Outre cette « Version Air » (type 720 100) de l'enregistreur de bord Derveaux, il existe une « Version Marine » (type 720 300) qui possède les caractéristiques différentes ci-après :

— durée d'enregistrement : 2 heures continues,
— bande passante : 100 à 8 000 Hz à 6 dB.

Laboratoires R. Derveaux, 6, rue Jules-Simon, Boulogne-sur-Seine. Tél. MOLitor 37-00.

DISCOURS POUR LA SÉANCE D'INAUGURATION

prononcé le 2 juillet 1957

PAR

Monsieur Louis de BROGLIE

Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences

Mesdames, Messieurs,

En prenant la parole dans cette séance inaugurale du Colloque International consacré aux « Problèmes physiques de la Télévision en couleurs », je dois avant tout remercier tous les savants et ingénieurs, étrangers ou français, qui ont accepté de participer à ce Colloque et de le faire profiter de leurs recherches et de leurs réflexions. Je leur souhaite très cordialement la bienvenue, je les remercie bien vivement de la peine qu'ils ont prise pour venir assister à cette réunion et pour préparer les communications qu'ils vont y faire : à tous , j'exprime l'espoir qu'ils retireront de ce contact international profit et agrément au cours des discussions techniques ou des manifestations annexes qui sont prévues à son programme.

Je serai certainement l'interprète de vous tous en remerciant les membres du Comité d'organisation du Colloque et tous ceux qui les ont aidés dans leur tâche : nous savons combien l'organisation d'une manifestation de ce genre est longue et difficile et combien elle exige d'attentions et de peines. Il suffit de parcourir les programmes qui nous ont été envoyés pour se rendre compte qu'ils ont été très minutieusement étudiés et que tous les problèmes d'organisation ont été très heureusement résolus.

M'attachant seulement à la partie proprement scientifique et technique du Colloque, je vous rappelle que les communications qui y seront faites ont été réparties entre les quatre Sections suivantes :

A — Comportement de l'œil.

B — Prises de vues et restitutions de l'image.

C — Mesures et résultats obtenus dans la restitution d'une image.

D — Systèmes de codage utilisés pour la transmission des signaux de Télévision en couleurs.

Sous chacune de ces rubriques générales, un grand nombre de problèmes doivent être discutés avec le concours des spécialistes éminents qui se sont fait inscrire pour présenter des communications et que nous remercions bien vivement. Parmi ces communications, quelques-unes d'une durée plus longue prendront l'allure d'une conférence portant sur une question générale ou un ensemble de problèmes.

Elles ont été demandées à diverses personnalités spécialement invitées à cet effet. Vous me permettrez de les énumérer en leur exprimant notre reconnaissance d'avoir accepté de faire ces exposés généraux.

Le Docteur W.K. ZWORYKIN des *Laboratoires R.C.A.* parlera ici même tout à l'heure des « Problèmes physiques de la Télévision : exposé général avec mention particulière des contributions américaines ». Tout le monde sait le rôle capital qu'a joué M. ZWORYKIN dans le développement des techniques de la Télévision dont il fut l'un des pionniers : nous aurons tous plaisir à l'applaudir. Dans le cadre de la première section, le Professeur W.D. WRIGHT de l'*Imperial College* de Londres traitera de « L'optique physiologique et de la Télévision en couleurs ». Dans le cadre de la deuxième Section, le Professeur F. SCHRÖTER du *Forschungs Institut Telefunken* d'Ulm fera une « Etude comparative des propriétés des tubes électroniques utilisés comme analyseurs d'images en Télévision en couleurs ».

Dans le cadre de la troisième section, le Docteur C.J. HIRSCH de la *Hazeltine Research Corporation* fera une « Etude comparative des tubes électroniques servant à la reproduction des images en Télévision en couleurs » tandis que les Docteurs H.A. KLASENS et A. BRILL des *Laboratoires de Recherches Philips* parleront des « Phosphores pour la Télévision en Couleurs ».

Dans le cadre de la quatrième section, le Docteur J. HAANTJES des *Laboratoires de Recherches Philips* traitera des « Aspects physiques des systèmes de codage employés en Télévision en couleurs » et

le Docteur R.E. GRAHAM des *Bell Telephone Laboratories* exposera les « Applications de la théorie des communications à la Télévision ».

Enfin le Professeur G.A. BOUTRY du *Conservatoire National des Arts et Métiers*, qui fut l'un des principaux promoteurs et organisateurs de ce Colloque, traitant d'une façon générale, dans la séance de clôture, des « Problèmes physiques de la Télévision en couleurs », fera le bilan des travaux du Colloque.

En plus de ces exposés étendus, un grand nombre d'importantes communications (près de soixante) porteront sur des points particuliers. Nous sommes heureux de constater que dans ce colloque de nombreuses nations sont représentées : Les Etats-Unis, l'U.R.S.S., la France, la Grande-Bretagne, la Belgique, les Pays-Bas, la République Fédérale Allemande, la Tchécoslovaquie, la Pologne, la Hongrie l'Italie, la Suisse, l'Espagne, l'Inde et le Japon.

Ainsi va s'affirmer, tant par le nombre et la valeur des conférences et des communications qui vont y être faites que par la diversité des nations qui y sont représentées, la haute qualité scientifique, technique et internationale du Colloque qui s'ouvre aujourd'hui.

Mesdames, Messieurs,

Vous attendez sans doute de moi qu'après avoir prononcé ces quelques paroles de bienvenue, avoir analysé le programme de vos séances et souligné l'intérêt des réunions que vous allez tenir, je vous parle moi aussi un peu de la Télévision en couleurs. Ce n'est pas pour moi une tâche très facile car je ne suis aucunement spécialiste de la Télévision et encore moins de la Télévision en couleurs. Parlant devant des personnes auxquelles ces problèmes sont très familiers, je m'excuse à l'avance si ce que je je vais en dire leur paraît souvent banal et parfois même inexact.

La Télévision en couleurs apparaît à l'heure actuelle comme l'une des formes les plus complètes et les plus raffinées de cette technique générale du transport à distance des informations qui joue un si grand rôle dans l'activité des hommes à l'heure présente. C'est l'onde hertzienne qui, depuis un demi-siècle , a été le véhicule essentiel de ce transport à distance des informations. Peu à peu, grâce à des procédés techniques de plus en plus raffinés, grâce à un emploi de plus en plus habile des innombrables ressources que lui offre l'Electronique pour l'émission et la réception des ondes hertziennes, ainsi que pour la transformation des courants de très haute fréquence, la technique radioélectrique est arrivée à résoudre des problèmes de plus en plus compliqués qu'il aurait paru, au début de son développement, presque insensé de vouloir même aborder. C'est ainsi que successivement elle est d'abord parvenue à transmettre la pensée humaine à l'aide de cette information encore bien rudimentaire que transportent les signaux Morse : à cette télégraphie sans fil a succédé, assez rapidement après la découverte de cet admirable instrument qu'est la lampe triode, la téléphonie sans fil, le transport à distance de la parole humaine si aisée à suivre sans éducation préalable, si chargée de nuances avec tout ce qu'elle ajoute de contact humain direct entre celui qui parle et celui qui écoute.

C'est alors qu'enhardie par ses succès, la technique radioélectrique s'est attaquée au difficile problème du transport à distance des images par ondes hertziennes. Problème redoutable par sa complexité dont la solution n'était nullement préparée, comme l'avait été celle de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, par de longues années de pratique de la télégraphie et de la téléphonie avec fil. La radiotélégraphie et la radiotéléphonie avaient pu en effet, dès leur début, profiter de moyens techniques depuis longtemps connus comme le manipulateur ou l'écouteur pour l'émission ou la réception des signaux Morse, comme le microphone pour la modulation des courants à fréquence acoustique, l'écouteur ou le haut-parleur pour la transformation de ces courants en sons directement audibles : elles bénéficiaient ainsi du résultat de longues études antérieures. De plus la transmission des sons ne dépend pas essentiellement de la localisation dans l'espace. Quand nous écoutons un concert transmis par la Radio, peu nous importent les places qu'occupent les exécutants dans l'orchestre. Mais en télévision, il en était tout différemment car la localisation des intensités lumineuses joue un rôle essentiel dans le transport à distance d'une image : si une caméra fournit au poste d'émission une certaine image sur un écran, la répartition des intensités lumineuses sur cet écran doit être transmise au poste récepteur par ondes hertziennes et se retrouver exactement sur l'écran de réception. De plus, comme les scènes transmises sont toujours animées, il faut que cette reproduction sur l'écran de réception de la répartition des intensités sur l'image soit exacte à chaque instant, la persistance malgré tout très courte des impressions lumineuses sur la rétine et le pouvoir séparateur limité de l'œil humain étant les seuls facteurs que l'on puisse faire jouer pour atténuer la rigueur de cette condition. La réalisation de la Télévision, même sous sa forme primitive en noir et blanc sans transport de couleur, était donc dès l'abord un problème technique extrêmement difficile à résoudre, nécessitant l'emploi de dispositifs tout nouveaux et d'une grande complexité. Aussi ne faut-il pas s'étonner de constater que les débuts de la Télévision aient été assez lents et pénibles.

Pour transformer les variations d'une intensité lumineuse en celles d'un courant électrique susceptibles d'être transmises par ondes hertziennes, l'idée devait naturellement se présenter d'utiliser la cellule photoélectrique, ce merveilleux petit dispositif qui recèle dans son fonctionnement d'apparence simple tout le mystère de la structure de la lumière. Mais une seule cellule photoélectrique ne saurait suffire et, pour obtenir une bonne solution du problème il faut recourir aux dispositifs du type « iconoscope » dont l'invention a illustré le nom de M. ZWORYKIN. Le principe de cette invention a été, vous le savez

tous, de distribuer régulièrement à la surface de l'écran, sur lequel est formée dans le poste émetteur l'image mouvante à transmettre, un très grand nombre de petites cellules photoélectriques dont la surface est assez petite pour que chacune d'elles corresponde, pour l'œil humain dont le pouvoir séparateur est limite, à un élément quasi ponctuel. Chaque cellule se chargeant électriquement par déperdition d'électrons proportionnellement à l'intensité lumineuse qui l'éclaire, un mince pinceau d'électrons en balayant très rapidement de gauche à droite et de haut en bas toute la surface de l'écran déchargera successivement toutes les cellules. L'ensemble de ces décharges successives donnera naissance à un courant rapidement variable dont les variations serviront à « moduler » l'émission d'une onde hertzienne entretenue de courte longueur d'onde et pourront ainsi être transmises par radio jusqu'au poste récepteur. Au poste récepteur, la modulation de l'onde reçue sert, après détection, à faire varier l'intensité du pinceau d'électrons d'un tube cathodique dont le mouvement est rigoureusement synchronisé par signaux radio avec celui du pinceau d'électrons dans l'iconoscope du poste transmetteur : grâce à la persistance des impressions lumineuses, la répartition des intensité de lumière sur l'écran phosphorescent du tube cathodique de réception se trouve ainsi reproduire constamment avec exactitude la répartition des intensités lumineuses sur l'image transmise.

Mais pour réaliser une exécution satisfaisante de ce programme, que de difficultés à vaincre, que d'ingénieux dispositifs à inventer et à mettre au point ! C'est ce que savent bien tous ceux qui ont suivi les développements de la Télévision et le long chemin qui a conduit à l'obtention de ses actuelles performances. Le téléspectateur placé devant son poste de Télévision ne se doute généralement pas de tous les efforts que sa réalisation actuelle a nécessités : il ne se représente pas exactement combien il a fallu de découvertes scientifiques, d'inventions et de perfectionnements techniques pour mettre au point la propagation des images à distance par les ondes hertziennes et pour lui procurer le plaisir qu'il goûte à les voir se dessiner et se succéder sur l'écran de son poste récepteur.

Mais ce que je viens de dire ne concerne encore que la Télévision en noir et blanc. Le transport d'images colorées pose des problèmes naturellement encore bien plus complexes. Pour réaliser rigoureusement la Télévision en noir et blanc, il fallait transporter au poste récepteur toutes les intensités lumineuses locales en tous les points, en nombre infini, de l'image à transmettre : pour réaliser rigoureusement la Télévision des couleurs, il faut en plus transporter au poste récepteur toutes les fréquences lumineuses, toutes les couleurs, qui correspondent à tous les points de l'image à transmettre. Le nombre des informations à transmettre serait infini dans un cas comme dans l'autre et d'un ordre d'infinitude beaucoup plus grand dans le second cas que dans le premier. Fort heureusement, dans un cas comme dans l'autre, les propriétés physiologiques de l'œil interviennent pour rendre réalisable ce qui, en principe, ne le serait point. Nous avons déjà dit que dans la Télévision en noir et blanc, le pouvoir séparateur limité de l'œil nous permet de ne transporter qu'un nombre grand, mais limité, d'intensités lumineuses moyennes correspondant aux très petites portions de la surface de l'image à transmettre occupées chacune par l'une des très petites cellules photoélectriques disposées sur l'écran de l'iconoscope. Dans le cas de la Télévision en couleurs, d'autres propriétés physiologiques très complexes de l'œil vont intervenir et notamment celle qui est symbolisée par le célèbre « triangle » de l'illustre MAXWELL. On peut résumer cette propriété fondamentale en disant que le fonctionnement de notre œil est tel qu'on peut reproduire l'aspect coloré global d'un objet en superposant sur notre rétine trois images colorées monochromatiques de cet objet, en particulier une image rouge, une image bleue et une image verte. Cette possibilité de reconstituer l'aspect coloré d'un objet par la perception simultanée de seulement trois images colorées de cet objet est depuis longtemps à la base du procédé « trichrome » de photographie des couleurs. Ce procédé trichrome peut être transposé en Télévision et bien entendu, comme dans la Télévision en noir et blanc, la persistance des impressions lumineuses jouera ici aussi un rôle essentiel pour nous faire percevoir, sans les discontinuités correspondant au balayage rapide, mais non instantané, des écrans, les images colorées transmises au poste récepteur. Sous sa forme la plus immédiate, la réalisation « trichrome » de la Télévision comporte un triplement des processus d'émission, de transmission et de réception, les trois images (rouge, bleue et verte) étant émises séparément à l'aide de trois dispositifs du type iconoscope, transmises séparément par trois ondes porteuses et reçues séparément sur trois écrans phosphorescents du poste récepteur avant d'être superposées pour donner une image finale où notre œil retrouve très sensiblement les colorations de la scène transmise. Cette forme de la transmission des couleurs qui n'entraîne l'introduction d'aucun principe nouveau par rapport à la Télévision en noir et blanc a quelques avantages, mais elle a l'inconvénient de nécessiter un appareillage trois fois plus compliqué, et surtout elle a l'inconvénient encore plus grave d'exiger une largeur de bande trois fois plus grande, alors que par leur nature même les transmissions video sont déjà fâcheusement « encombrantes ». Le remède consiste dans le procédé de transmission « séquentiel », c'est-à-dire dans la transmission successive et non simultanée des images colorées utilisant les procédés bien connus de compression des fréquences avec transmission par points. Sans insister sur ces questions techniques difficiles, je crois pouvoir conclure que la Télévision en couleurs, couronnement des longs efforts qui ont abouti à la réalisation presque parfaite de la Télevision en noir et blanc, est vraiment l'un des domaines où les pionniers de cette technique ont à utiliser au maximum toutes les ressources de l'électronique et, si je puis employer ce mot, toutes les roueries des télétransmissions radioélectriques. Et elle est ainsi un bel exemple de ce que l'homme, à force de science et de ténacité, est parvenu aujourd'hui à réaliser. Avant de terminer, je voudrais encore

insister sur deux points. Le premier, c'est l'importance que présentent pour la Télévision en couleurs les données de la Physiologie des sensations. La Physiologie des sensations joue un rôle considérable dans toutes les branches de la Science et de la Technique puisque nous ne connaissons le monde extérieur que par l'intermédiaire de nos perceptions. Il y a déjà longtemps par exemple que toutes les questions touchant le fonctionnement du sens de l'ouïe interviennent non seulement dans toute l'Acoustique mais aussi constamment dans la technique de la Téléphonie avec ou sans fils. Naturellement dans la Télévision et dans la Télévision en couleurs, c'est la physiologie de l'œil, le mécanisme de la vision et en particulier de la vision colorée, qui joue un rôle essentiel. Le pouvoir séparateur limité de l'œil et la persistance des impressions lumineuses sur la rétine sont, nous l'avons vu, des circonstances qui, seules, rendent possible la réalisation de toute Télévision : la propriété physiologique de l'œil exprimée schématiquement par le célèbre triangle de MAXWELL, suivant laquelle les perceptions colorées que nous pouvons avoir s'obtiennent toutes, très approximativement du moins, par la superposition d'un nombre fini, trois au minimum, d'images monochromatiques de l'objet à percevoir, rend seule possible le transport des images colorées par ondes hertziennes Dans toutes les formes de la Télévision, bien d'autres propriétés physiologiques de l'œil interviennent : elles concernent par exemple son aptitude à discerner les détails différents suivant qu'une image est en noir et blanc ou qu'elle est en couleurs, la la limite au-dessous de laquelle il peut tolérer les papillotages fréquents sur les écrans de télévision, sa tendance à discerner les contrastes qui peuvent apparaître entre les « lignes d'exploration » parcourues par le spot sur l'écran du tube cathodique de réception, contrastes qu'on s'efforce de faire disparaître par l'ingénieux artifice de la « wobbulation » du spot, etc., etc. La physiologie de la vison intervenant ainsi constamment dans les délicates techniques de la Télévision en couleurs, on ne doit pas s'étonner de voir toute la première section du programme de votre Colloque être consacrée au « Comportement de l'œil » et de constater que d'éminents spécialistes de ces problèmes comme M. le Professeur Henri PIÉRON ont intervenir dans vos discussions.

Un second point que je voulais signaler au sujet de la Télévision en couleurs est l'importance que prend dans cette technique, comme dans beaucoup d'autres, notamment dans le domaine des Télécommunications, la théorie de l'Information , cette théorie si générale, si protéiforme pourrait-on dire, qui trouve aujourd'hui des applications dans presque toutes les branches de la connaissance scientifique. Dans la quatrième section du programme de votre Colloque intitulée « Systèmes de codage utilisés pour la transmission des signaux de Télévision en couleurs », l'on voit figurer de nombreuses communications où la théorie de l'Information intervient dans des problèmes concernant le codage, les bandes passantes, la transmission point par point, etc., etc. En Télévision en couleurs, le nombre des informations à transmettre est naturellement beaucoup plus considérable que dans la Télévision en noir et blanc puisqu'il faut communiquer au poste récepteur non seulement les informations concernant la répartition des intensités et tout le détail des contours sur l'image à transmettre, mais aussi toutes celles qui sont nécessaires pour que le téléspectateur puisse reconstituer avec suffisamment d'exactitude la répartition des colorations à la surface de cette image. Aussi voit-on apparaître dans le résumé de certaines des communications que vous allez entendre des expressions telles que « l'information bleue » ou ou « l'information verte », expressions qui pourraient surprendre un lecteur non initié.

Mesdames, Messieurs, vous me permettrez d'arrêter ici cette première manifestation oratoire de votre Colloque afin de ne pas prolonger trop longtemps le périlleux exercice qui consiste à parler devant une réunion de spécialistes d'un sujet sur lequel on se sent soi-même peu de compétence. Au moment où vos échanges de vues vont bientôt commencer, permettez-moi, de vous souhaiter en terminant qu'au cours de vos discussions une lumière intellectuelle précise et nuancée éclaire vos esprits, analogue à cette lumière physique, messagère colorée et fidèle, que vous souhaitez faire de mieux en mieux apparaître sur les écrans de la Télévision en couleurs.

LES PROBLÈMES PHYSIQUES DE LA TÉLÉVISION EN COULEURS

EXPOSÉ GÉNÉRAL AVEC MENTION PARTICULIÈRE DES CONTRIBUTIONS AMÉRICAINES *

PAR

V.B. ZWORYKIN

Laboratoires R.C.A., Princeton, (U.S.A.)

La couleur constitue une partie essentielle ne nos sensations visuelles. Ce n'est pas seulement du luxe ajouté par une gracieuse providence pour notre plaisir esthétique. La couleur nous dit si le fruit est mûr ou incomestible, si les champs et les bois sont fleuris ou desséchés, et si le ciel promet le beau temps ou la pluie. Beaucoup d'entre nous se sentiraient, à vivre dans un monde privé de couleurs, presque aussi handicapés qu'à vivre dans un monde privé de contraste lumineux. Pourquoi, dès lors, considérer la télévision en couleurs comme une entité distincte de la télévision habituelle, c'est-à-dire de la télévision en noir et blanc ? Ne serait-il pas plus raisonnable de regarder comme normale la représentation des couleurs par la télévision, de même que nous la regardons comme normale en peinture, et de considérer la télévision en noir et blanc comme une exception ?

Il serait indiscutablement plus raisonnable d'impliquer la notion de représentation en couleurs dans le terme général de télévision. On peut prévoir avec certitude que le mot télévision prendra cette signification en temps voulu. L'accent mis jusqu'ici sur la télévision en noir et blanc ne constitue qu'une étape passagère dont on peut trouver l'origine dans la parenté entre la télévision radiodiffusée et le cinéma.

La photographie a sans doute joué un rôle primordial pour nous donner l'habitude d'une représentation en noir et blanc de ce qui nous entoure. L'absence de différences de couleurs y fut compensée par une richesse de détails fins que jusque là aucune méthode de présentation visuelle n'avait permis d'obtenir. La photographie en noir et blanc s'est ainsi assurée une place confortable bien avant que ne fussent résolus les problèmes techniques extrêmement difficiles de la photographie en couleurs. Quand il devint possible de douer de mouvement l'image photographiée, il naissait ainsi une nouvelle forme de divertissement populaire qui a occupé une position prédominante pendant plusieurs décades.

Au moment où le cinéma se développait pour devenir la principale forme de divertissement par la vue dans les salles de spectacle, la radiodiffusion devenait la principale source de divertissement par l'ouïe dans les foyers. Les choses en étaient là lorsque la télévision, ou transmission instantanée d'images, devint techniquement possible. Des hommes clairvoyants reconnurent bientôt que ce nouveau procédé, la télévision, combinait les principaux avantages du cinéma et de la radio et permettait la présentation à domicile, à une assistance pratiquement illimitée, de programmes audio-visuels complets.

Pour des raisons économiques, cet objectif particulier de la télévision masqua sa fonction plus générale : étendre la portée du regard humain. Cependant nous ne devons jamais oublier que la télévision radiodiffusée ne tient qu'une partie de toutes les promesses de la télévision Le rôle de la télévision pour faire avancer la science, pour aider l'industrie, pour servir le commerce et l'enseignement, et de façon générale en tant que moyen de communication visuelle est d'une importance au moins égale à son rôle dans le domaine du divertissement. Ainsi, en leur temps, les nombreuses applications en circuit fermé de la télévision pourront très bien rivaliser en importance avec la télévision radiodiffusée et même la surpasser. Cette conception générale de la télévision en tant qu'extension du regard humain met invariablement en avant l'importance de la couleur. Que la

* Texte traduit de l'anglais.

télévision soit utilisée dans la recherche scientifique, dans l'enseignement ou dans l'industrie, la couleur rend l'information visuelle transmise plus complète et plus facile à assimiler. Dans le domaine du divertissement, le besoin de la couleur apparut moins immédiat. L'expérience du cinéma en noir et blanc avait montré de façon indiscutable que le public acceptait les images en noir et blanc. Il existait donc des raisons solides pour décider de lancer les émissions de télévision en noir et blanc avant que les bases techniques et économiques d'un service de télévision en couleurs n'aient été entièrement établies.

La justesse de cette décision fut confirmée par l'accueil extraordinaire que le public réserva à la télévision en noir et blanc dans les années qui suivirent la guerre. En sept ans, aux U.S.A., plus de la moitié des foyers s'équipèrent de postes de télévision ; à la fin de 1956, la proportion des foyers disposant de récepteurs de télévision atteignait 79 %. Dans d'autres parties du monde, les chiffres de croissance ont mis en évidence un enthousiasme comparable pour ce nouveau moyen de distraction et d'instruction.

Le succès même de la télévision en noir et blanc a créé de nouveaux problèmes pour la télévision en couleurs. Il fallait protéger contre la désuétude les investissements considérables faits par le public dans les postes récepteurs de télévision en noir et blanc. De plus, partout où le financement des émissions de télévision se faisait sur une base compétitive, il apparaissait évidemment difficile d'amener les propriétaires de chaînes d'émission à transformer leurs émissions en noir et blanc en émissions en couleurs, à moins qu'il ne puissent conserver leur public étendu de possesseurs de postes en noir et blanc. La télévision en couleurs devait donc être compatible avec la télévision en noir et blanc. En d'autres termes, les postes récepteurs de programmes en noir et blanc déjà installés dans les foyers devaient être capables de reproduire en noir et blanc les émissions en couleurs ; de plus, pour rendre plus attrayant l'achat de récepteurs destinés à la couleur à un moment où un grand pourcentage des émissions de télévision était encore en noir et blanc, ces récepteurs de couleurs devaient être capables de reproduire en noir et blanc les émissions monochromes. Enfin, si on voulait introduire la télévision en couleurs sans bouleverser les allocations de canaux précédemment faites, et en économisant au maximum le spectre radioélectrique, les émissions de télévision en couleurs devaient se contenter des bandes de fréquences prescrites pour les émissions en télévision en noir et blanc.

A première vue, il pourrait sembler impossible de satisfaire toutes ces exigences, ou, du moins, de les satisfaire sans détériorer indûment la qualité des images à tel ou tel égard, par exemple par suite d'un papillotement ou d'un flou excessif de l'image. La façon dont les exigences de la compatibilité ont été satisfaites sans qu'il en résulte de telles conséquences indésirables constitue le principal objet de la présente conférence. Dans cette allocution d'introduction, je m'efforcerai de retracer dans leurs grandes lignes quelques uns des principaux facteurs ayant permis ce résultat, et qui seront traités en détail dans les communications suivantes.

Qu'il soit apparemment impossible de satisfaire aux exigences de la compatibilité sans détériorer l'image, cela se déduit d'une simple lecture de la loi de HARTLEY, qui dit que la quantité d'information qu'on peut transmettre est mesurée par la bande de fréquences de la voie de transmission. De toute évidence, une image en couleurs naturelles contient plus d'information qu'une image en noir et blanc présentant la même finesse de détail. En outre, suivant la théorie trichrome de la vision, sur laquelle se basent tous les procédés pratiques de reproduction en couleurs, il faut trois paramètres pour caractériser l'ensemble de la brillance et de la couleur d'un élément d'image, alors qu'un seul paramètre suffit pour caractériser la brillance seule. Les trois paramètres peuvent par exemple être la brillance des trois sources primaires rouge, bleue et verte susceptibles de reproduire, par addition, la brillance et la couleur de l'élément d'image. Ces trois paramètres peuvent aussi représenter les coordonnées, – brillance, teinte et saturation, – employées pour caractériser la brillance et la couleur en colorimétrie. On pourrait en déduire qu'une image en couleurs naturelles contient juste trois fois plus d'information qu'une image en noir et blanc présentant la même finesse de détail.

Cette conclusion est en fait correcte. Par contre, si la finesse de détail de l'image monochrome est à la limite du pouvoir séparateur de l'œil humain, une grande proportion de l'information complémentaire que contient l'image en couleurs ne servira à rien au spectateur. Les expériences de A.V. BEDFORD sur la discrimination des différences de couleurs a clairement montré ce fait [1]. Ainsi la vision réellement trichrome ne porte que sur des détails relativement grossiers. Pour des détails de dimensions moyennes, les différences de couleur entre parties adjacentes de l'image sont simulées de façon satisfaisante par une modification du contenu de seulement deux couleurs complémentaires choisies, telles que l'orange et le cyan. Enfin, le détail le plus fin n'est perçu que par sa différence de brillance. L'œil normal est ici pratiquement aveugle à la couleur. Par suite, l'information utile contenue dans une image en couleurs, c'est-à-dire l'information nécessaire pour reconstruire une image que l'œil ne puisse pas distinguer de l'original, n'est pas triple de celle que contient l'image en noir et blanc mais assez notablement inférieure au double.

Même dans ces conditions, il est clair que pour restituer l'image en couleurs, nous devons transmettre considérablement plus d'information que pour restituer l'image en noir et blanc. Comment pouvons-nous y parvenir sans augmenter la bande passante de la voie de transmission ? Ceci n'est évidemment possible que s'il y a, dans le spectre de fréquences employé pour transmettre les images en noir et blanc, des intervalles non utilisés pour la transmission de l'information. De tels trous peuvent alors être utilisés pour loger des signaux supplémentaires caractérisant les variations de couleurs dans l'image.

Une étude du spectre de fréquences du signal video montre que tel est bien le cas. Le spectre comprend essentiellement des groupes de composantes à des fréquences voisines des multiples entiers de la fréquence de ligne, avec des intervalles vides entre ces groupes. Il y a donc, dans le spectre, de la place inoccupée au voisinage des multiples impairs de la moitié de la fréquence de ligne.

Naturellement, par lui-même, ce fait montre seulement que les fréquences situées dans ces zones n'existent pas dans les signaux d'images que la télévision transmet normalement. L'addition de telles fréquences au signal d'image pourrait néanmoins créer sur l'image restituée des effets parasites susceptibles de gêner fortement le spectateur. Si cela était le cas, on ne pourrait pas les utiliser pour transmettre l'information supplémentaire. Heureusement, il n'en est rien. Les multiples impairs à haute fréquence de la moitié de la fréquence de ligne et leurs bandes latérales correspondent à des dessins présentant une structure fine de points dont les polarités s'inversent d'une image à la suivante. Leur contribution à l'intensité d'une partie quelconque de l'image, intégrée sur deux périodes d'images successives, soit 1/15e de seconde, est nulle ; or il est une autre propriété de l'œil humain qui vient à notre aide : alors qu'une modulation de la brillance d'une grande surface à une fréquence inférieure à 25 ou 30 cycles par seconde peut être perçue comme un papillotement désagréable, une modulation analogue, mais portant sur des surfaces de l'ordre de quelques éléments d'image et ne modifiant pas la brillance moyenne du reste de la surface, ne sera pas ressentie comme un papillotement même à 15 cycles par seconde. Nous avons ainsi trouvé dans le spectre d'une voie de télévision standard en noir et blanc de la place que nous pouvons utiliser pour transmettre l'information en couleur sans détériorer la qualité d'une image en noir et blanc transmise sur la même voie selon la méthode classique. De plus, compte tenu des limitations de l'œil humain eu égard à la perception colorée, cette place dans le spectre est capable de transmettre toutes les informations supplémentaires nécessaires pour convertir l'image en noir et blanc en une réplique colorée subjectivement fidèle de l'original. La façon dont nous devons constituer le signal d'image complet de télévision en couleurs nous est maintenant pratiquement imposée. Tout d'abord nous devons transmettre un signal monochrome correspondant aux variations de brillance de l'image, puisque des récepteurs monochromes standards accordés sur l'émission en couleur doivent reproduire l'image en noir et blanc. Si la caméra procure trois signaux simultanés représentant les variations de brillance de la scène, observée respectivement à travers des filtres rouge, bleu et vert (ou, plus précisément, si ces signaux représentent les composantes primaires rouge, bleue et verte dont l'addition reproduira la distribution des couleurs et de la brillance de la scène originale) nous les mélangeons avec des facteurs de pondération correspondant à la contribution que chacun d'eux apporte à la brillance. Nous obtenons ainsi le signal noir et blanc.

Il nous faut maintenant former le signal de couleur, ou de chrominance, qui doit être constitué par des composantes à des fréquences correspondant aux multiples impairs de la moitié de la fréquence de ligne et à leurs bandes latérales. A cet effet, on choisit une « sous-porteuse de couleur » qui est rigoureusement un multiple impair de la moitié de la fréquence de ligne choisi relativement près de l'extrémité supérieure de la voie de transmission video. On module cette sous-porteuse avec des signaux qui ont le spectre caractéristique d'un signal video, c'est-à-dire composé de multiples entiers de la fréquence de ligne accompagnés de leurs bandes latérales. Plus précisément on emploie, comme signaux modulateurs, des « signaux de différence de couleur » qui représentent, par exemple, la différence entre les variations des signaux video rouge, bleu et vert et celles du signal monochrome. On module la sous-porteuse avec des angles de phase différents tels que 0°, 120° et 240° par rapport à une phase fixe de reference et on ajoute les composantes modulées. Il en résulte une oscillation à fréquence élevée dont la phase indique la teinte de la partie transmise de l'image et dont l'amplitude représente la saturation de cette teinte, ou le degré dont elle diffère du blanc. C'est ce principe qui était utilisé dans le travail d'avant-garde de R.C.A. sur la télévision compatible en couleurs en 1948-1949 (1).

La méthode de formation du signal de chrominance n'est pas unique ; c'est ainsi qu'on peut former, à partir des trois signaux de caméra, des combinaisons linéaires qui représentent la manière dans la couleur transmise s'écarte du blanc, d'une part en direction de l'orange et de sa complémentaire le cyan, et d'autre part en direction du magenta et de sa complémentaire le vert. Ces combinaisons peuvent servir à moduler la sous-porteuse selon deux angles de phase en quadrature par rapport à la sous-porteuse de référence. L'addition des signaux obtenus fournit ici encore un signal de chrominance qui contient sous une forme codée l'information relative à la teinte et à la saturation de l'image.

Nous avons vu ci-dessus que, lorsqu'on applique l'ensemble du signal monochrome et du signal de chrominance à l'entrée d'un récepteur standard en noir et blanc, une image en noir et blanc qu'on ne peut pas distinguer de celle que donnerait une transmission noir et blanc se trouve simplement reproduite. Dans un récepteur pour couleurs, un film passe-haut sélectionne les signaux de chrominance en même temps que les composantes de fréquences élevées du signal monochrome, et les applique à un détecteur synchrone qui délivre les signaux de différence de couleur. Ceux-ci sont combinés avec le signal monochrome pour former les trois signaux de couleurs primaires rouge, bleu et vert correspondant aux signaux originaux produits à la prise de vue. Chaque signal forme sa propre image monochrome dans le reproducteur d'images ; les trois images, vues en superposition, reproduisent la scène originale en couleurs naturelle.

---

(1) On trouve un historique de ces travaux dans G.H. Brown et D.G. Luck, « Principles and Development of Color Television Systems », RCA Review, Vol. 14, pp. 144-204, 1953.

Il faut noter que la détection synchrone n'entraîne une restitution complète des trois signaux originaux que dans la bande de fréquences pour laquelle les deux bandes latérales de la sous-porteuse de chrominance sont transmises. Cette bande de fréquences correspond à l'écart entre la fréquence supérieure de la bande video et la fréquence de la sous-porteuse. Elle est normalement de l'ordre de 0,5 Mc/s. Quant à la bande, qui peut atteindre 2 Mc/s, pour laquelle le signal de chrominance est transmis en bande latérale unique, elle permet de reproduire avec précision un des signaux de différence de couleur, tel que celui qui correspond au contenu orange ou cyan de l'image. Dans cette bande, les variations de couleurs sont reproduites par la variation de leur contenu orange ou cyan. Les variations correspondant à des structures de points très fins sont finalement reproduites simplement en tant que variations de brillance. Ainsi la qualité de la reproduction en couleurs s'adapte-t-elle étroitement aux discriminations de couleurs que l'œil est capable d'apprécier. Il faut aussi noter que les composantes à haute fréquence du signal monochrome mélangées au signal de chrominance n'apportent pas de contribution à l'image en couleurs reproduite, pour exactement la même raison qui fait que le signal de chrominance lui-même s'annule dans l'image noire et blanche obtenue dans un récepteur monochrome : le démodulateur transforme les composantes à fréquences élevées du signal monochrome en des composantes dont les fréquences sont groupées autour des multiples impairs de la moitié de la fréquence de ligne. Ces composantes, ici aussi, forment des points dont les polarités s'inversent d'une image à la suivante.

La description que je viens de donner d'un « système de télévision en couleurs » compatible est, bien entendu, très schématisée. Les systèmes pratiques ne remplissent pas exactement toutes les conditions qu'exigent un rendu colorimétrique précis et une absence complète de signaux parasites. Malgré cela, les systèmes pratiques basés sur les principes décrits ci-dessus ont amplement démontré qu'ils étaient capables de reproduire des images en couleurs d'excellente qualité entièrement exemptes de pollutions gênantes.

Outre le système entièrement compatible qui vient d'être décrit, bien d'autres systèmes de télévision en couleurs ont été étudiés et expérimentés. Certains d'entre eux sont compatibles partiellement, d'autres sont entièrement incompatibles. L'exemple le plus simple de système de la seconde famille est le système dit à séquences de trames [2]. Dans ce système, les trois images correspondant aux couleurs primaires sont transmises en une succession rapide dans le temps et sont mêlées dans le récepteur de façon à former une image en couleurs naturelles par suite de la persistance des sensations lumineuses. Son incompatibilité résulte du fait que, pour une même absence de papillotement, la fréquence de trame du système en couleurs à séquences de trames doit être le triple de celle du système noir et blanc standard ; la fréquence de répétition des images serait alors la même dans les deux systèmes. En outre, à absence égale de papillotement et à résolution égale, la fréquence de ligne et la bande de fréquence video transmise doivent être respectivement triples de la fréquence de ligne et de la bande du système en noir et blanc. Des systèmes de télévision en couleurs à séquences de trames à large bande obéissant aux conditions ci-dessus ont été construites en vue d'applications particulières telles que les démonstrations d'opérations chirurgicales. En radiodiffusion, on a adapté dans le passé les systèmes à séquences de trames à la largeur de bande du canal standard de télévision en noir et blanc, en prenant simultanément les mesures suivantes : réduction de la cadence d'image au prix d'une moindre protection contre le papillotement, réduction du nombre de lignes au prix d'une réduction de la résolution verticale, acceptation d'une réduction résiduelle considérable de la résolution horizontale.

Pendant un temps relativement bref, les normes imposées aux Etats-Unis pour les émissions de télévision en couleurs furent celles d'un système à séquences de trames. Cependant, surtout en raison de l'incompatibilité du système, cette période n'a vu ni l'établissement d'un large service d'émissions en couleurs, ni la fabrication de récepteurs en couleur en nombre considérable : les organismes propriétaires de chaînes d'émission ne voulaient pas investir de capitaux dans des programmes qui ne pouvaient pas atteindre la grande majorité des possesseurs de postes ; et les constructeurs ne pouvaient pas vendre de récepteurs en couleurs qui ne pouvaient bénéficier que d'un nombre négligeable de programmes. Ainsi, à un certain moment, même les promoteurs du système à séquences de trames abandonnèrent-ils leurs efforts de radiodiffusion et de fabrication de postes, et de nouveaux standards, compatibles, furent adoptés.

Nous avons vu que ce résultat fut heureux, indépendamment des considérations de compatibilité. Le système à séquences de trames devait payer la simplicité de conception du lourd prix d'une mauvaise utilisation du spectre. A l'inverse du système compatible décrit ci-dessus, il n'était pas à même de tirer parti des caractéristiques de l'œil humain pour ajouter les informations colorimétriques nécessaires sans réduire l'information utile fournie par le signal monochrome. Il serait sans doute oiseux de s'étendre sur les inconvénients du système à séquences de trames, tels que les ruptures de couleurs, les franges colorées et la brillance relativement faible de l'image reproduite, puisque actuellement ce système ne peut pas être considéré comme un compétiteur sérieux dans le domaine de la télévision en couleurs radiodiffusée.

Arrivant maintenant aux systèmes partiellement compatibles, nous considérerons ceux d'entre eux dont l'incompatibilité consiste seulement en ce qu'ils occupent un spectre plus étendu pour transmettre l'information colorimétrique. Un des premiers exemples de ce type est le système simultané à trois canaux [3]. Les signaux video correspondant aux images verte, rouge et bleue y sont produits séparément dans la caméra. Les composantes à basse fréquence du signal video vert, groupées avec les

composantes à haute fréquence mélangées des signaux video vert et rouge, fournissent les ignal d'image pour la réception monochrome, transmis avec la bande passante complète. En outre les signaux video rouge et bleu sont transmis sur des voies séparés de bande réduite. Dans le récepteur en couleurs, les hautes fréquences mélangées à la voie verte sont ajoutées au signal rouge ; à part cela, les signaux video vert, rouge et bleu reproduisent dans le récepteur les images composantes verte, rouge et bleue, donnant une reproduction en couleurs naturelles exacte dans la gamme des fréquences basses et reproduisant les détails les plus fins, en tant simplement que variation du contenu blanc.

Un autre système partiellement compatible dérive du système compatible décrit plus haut par le choix, pour la sous-porteuse de couleurs, d'une fréquence assez haute pour qu'il n'y ait pas de recouvrement entre le signal video monochrome et le signal de chrominance. Ceci simplifie évidemment le problème de l'élimination des pollutions à la reproduction aussi bien dans l'image monochrome que dans l'image en couleurs.

Nous laissons à Messieurs Rinia et Haantjes le soin d'exposer, dans leurs communications, d'autres considérations plus détaillées sur le choix des systèmes de transmission en couleurs, y compris la discussion des systèmes compatibles employant deux sous-porteuses [4], et nous allons porter brièvement notre attention sur les équipements terminaux nécessaires en télévision en couleurs.

Dans la caméra, le problème principal est d'obtenir en superposition parfaite les trois signaux d'images correspondant aux trois composantes en couleurs primaires de l'image à transmettre. Superposition parfaite signifie ici que les amplitudes de chacun des trois signaux d'images primaires en des instants correspondant au même intervalle de temps écoulé à partir d'un point de référence (tel que le début d'une ligne de balayage) appartiennent exactement au même élément d'image de la scène originale. Une superposition parfaite est obtenue pratiquement automatiquement dans tous les systèmes de prises de vues qui utilisent un seul système de balayage. Comme exemples de tels systèmes, nous citerons : — la caméra à séquences de trames dans laquelle un disque ou un tambour tournant change simplement, de trame en trame, la couleur de la scène projetée, sans modifier autrement le système optique ou électrique, — l'explorateur à flying-spot dans lequel la séparation des couleurs a lieu après l'analyse, — et le vidicon trichrome [5] dans lequel les trois signaux électriques sont engendrés simultanément par le faisceau d'analyse en son point d'impact.

Dans le type le plus largement employé de caméra en couleurs, qui emploie une multiplicité de tubes d'analyse, — généralement trois, — il faut, pour obtenir une bonne superposition, un grand soin dans la conception et le réglage des dispositifs optiques et des systèmes de balayage électriques de la caméra [6]. De plus, pour obtenir la souplesse que donne habituellement aux caméras de télévision l'emploi d'une tourelle d'objectifs, il faut ici employer un système relais optique pour loger les miroirs dichroïques qui fractionnent le faisceau lumineux ; ceci tend à accroître l'encombrement de la caméra au delà de ce qu'exigerait simplement l'emploi de trois tubes analyseurs accompagnés de leurs accessoires à la place d'un seul. Aussi est-il très tentant, dans les caméras simultanées en couleur, de compenser l'augmentation de dimension en employant des tubes analyseurs plus petits et plus simples tels que le Vidicon. Cependant, en de bonnes mains, la caméra en couleurs simultanée habituelle, à images orthicon, donne de bons résultats.

Le « chromacodeur » [7] témoigne d'efforts intéressants pour présenter les avantages pour l'exploitation que confère à la caméra à séquences de trames sa simplicité, tout en fournissant les trois signaux d'images simultanées qu'exige la télévision radiodiffusée en couleurs. Dans ce système, les signaux correspondant aux images rouge, bleue et verte, obtenus à l'aide d'une caméra à séquences de trames dont le balayage vertical fonctionne à 180 trames par seconde, sont aiguillés sur trois tubes cathodiques différents. L'image produite sur l'écran de chaque tube cathodique est projetée sur la surface photosensible de chacun de trois tubes de prises de vue à accumulation, qui fournissent simultanément les signaux de couleurs primaires. Le problème du réglage de la superposition est ainsi transféré de l'opérateur de prises de vues à l'ingénieur des installations fixes, au prix d'une augmentation de la complexité globale de l'équipement et de l'éventuelle détérioration de la qualité d'image que peut entraîner l'introduction, dans la chaîne, de transducteurs électro-optiques supplémentaires. Indépendamment du problème de la superposition des images composantes, la caméra de télévision en couleurs doit permettre la restitution fidèle des couleurs de la scène originale. Ceci exige que la réponse spectrale de l'ensemble des tubes de prises de vue et des systèmes optiques qui les précèdent soit soigneusement adaptée aux trois primaires rouge, verte et bleue du récepteur. En fait, théoriquement, des signaux corrects d'images composantes ne peuvent être obtenus qu'en formant des combinaisons linéaires convenables des trois signaux de caméra. Cependant, en choisissant de façon optimum les caractéristiques des réponses, on peut obtenir une reproduction tout à fait satisfaisante des couleurs sans faire appel à ce raffinement.

Une seconde condition nécessaire pour une restitution fidèle des couleurs est que la relation entre la brillance de l'image reproduite et celle de la scène originale soit linéaire, en d'autres termes, que le « gamma » de la chaîne entière de télévision soit égal à l'unité. Si cette condition n'est pas remplie, une simple variation de la brillance d'une partie quelconque de la scène, ou de l'ouverture du diaphragme de la caméra, entraîne une variation des couleurs à la reproduction. Pour que le « gamma » de la chaîne entière de télévision soit égal à l'unité, il faut qu'il existe une relation univoque et reproductible entre le signal et la brillance dans les tubes de prise de vue employés, de façon à ce qu'on puisse tenir compte correctement des caractéristiques du tube de prises

de vues pour ajuster les circuits correcteurs de gamma. Cette circonstance empêche, par exemple d'employer les image-orthicons à des niveaux lumineux qui dépassent le « coude » de leur courbe de réponse. Le problème est beaucoup moins sérieux en télévision en noir et blanc, car les distorsions de contraste sont beaucoup moins gênantes pour le spectateur que les distorsions de teinte.

Dans le récepteur en couleurs, nous avons aussi à choisir entre différentes méthodes de reproduction dans lesquelles le problème de la superposition joue des rôles d'importance diverse. Ici aussi, le simple reproducteur à séquences de trames, dans lequel l'écran fluorescent d'un tube cathodique est, soit observé, soit projeté à travers un disque ou un tambour à filtres est entièrement exempt des problèmes de superposition. Il en est de même pour tous les systèmes de reproduction qui emploient un balayage unique, et en particulier dans les systèmes à un seul tube comportant un faisceau. Dans le cathoscope classique pour couleurs qui comporte trois faisceaux [8], déflectés par une bobine de déflexion commune, un défaut de convergence entre les trois faisceaux peut entraîner une mauvaise superposition des trois images composantes primaires superposées. En pratique, de tels effets sont éliminés par l'emploi de dispositifs de convergence dynamique à l'aide de champs appropriés. Enfin, dans le récepteur à projection à trois cathoscopes, les problèmes de superposition sont essentiellement semblables à ceux de la caméra à trois tubes de prise de vues ; ils exigent un alignement optique et électrique soigné.

Il sortirait du cadre de cette brève introduction d'entrer dans plus de détails sur les différentes méthodes proposées et réalisées pour sélecter et mélanger les couleurs à la réception en télévision en couleurs. L'importance de l'enregistrement est essentiellement liée à la réémission d'un même programme soit à partir d'émetteurs non reliés par un réseau de transmission, soit à partir d'émetteurs d'un même réseau pour lequel des heures d'émission différentes sont plus favorables. La seconde considération présente une importance particulière aux Etats-Unis où la différence de trois heures entre la Côte Est et la Côte Ouest entraîne une différence correspondante entre les heures d'émission les plus favorables.

En télévision en noir et blanc, la méthode d'enregistrement actuellement préférée est l'enregistrement cinématographique où on photographie l'image reproduite par l'écran d'un tube cathodique sur un film de cinéma à mouvement synchronisé. Le procédé correspondant en télévision en couleurs, — photographie sur un film en couleurs à partir d'un tube récepteur d'images en couleurs, — outre qu'il coûte beaucoup plus de matériel, exige aussi des opérations de développement critiques et longues. Il est ainsi beaucoup moins satisfaisant que l'enregistrement cinématographique en noir et blanc du double point de vue du prix et de la qualité obtenue. Enfin le temps nécessaire pour le développement peut rendre difficile la mise au point des horaires de réémission.

Il s'est développé deux techniques qui permettent de surmonter les principales difficultés de l'enregistrement cinématographique en télévision en couleurs. La première de ces techniques est celle du film lenticulaire [9]. Les trois signaux d'images composantes rouge, bleue, et verte modulent les faisceaux de trois tubes flying-spot identiques dont différentes fractions d'un même objectif, en forme de bandes, forment l'image des écrans sur un film lenticulaire. Les lenticules, environ 25 par mm, forment une image du diaphragme de l'objectif sur l'émulsion du film de telle sorte que le film lenticulaire noir et blanc porte inscrites les trois images composantes sous forme d'images interlignées. Les trois signaux video composants peuvent être restitués avec l'aide d'un système optique semblable, en illuminant par l'arrière le film développé et en remplaçant les tubes flying-spot par des tubes Vidicon. On peut aussi illuminer à l'aide d'un dispositif à flying-spot et, à l'enregistrement, remplacer les tubes flying-spot par des photo-multiplicateurs. Comme on n'a à développer qu'un film noir et blanc, le développement chimique est grandement simplifié, et le délai diminué.

L'autre procédé, l'enregistrement sur ruban magnétique, élimine à la fois le développement chimique et le délai inévitable qui sépare l'enregistrement et la réémission. La méthode présentée par R.C.A. [10] emploie un ruban multipiste d'un demi-pouce qui défile, à une vitesse de 20 pieds par seconde. Des têtes d'enregistrement séparées enregistrent les signaux video rouge, bleu et vert jusqu'à 1,5 Mc/s et les signaux composites à haute fréquence entre 1,5 et 3,5 Mc/s. On enregistre aussi le son qui module deux porteuses séparées et les signaux de synchronisation horizontale. Après l'enregistrement, le ruban est immédiatement prêt pour un nombre quelconque de réémissions des signaux qu'il porte, aussi bien que pour être réutilisé en vue de nouveaux enregistrements, chaque fois que l'enregistrement initial se trouve périmé.

Il faut aussi noter qu'une seconde méthode d'enregistrement video sur ruban, la méthode Ampex Corporation d'enregistrement transversal avec têtes tournantes multiples [11], employée avec tant de succès en télévision en noir et blanc sera certainement adaptée avec un même succès pour la télévision en couleurs.

Le présent exposé nous a permis d'esquisser brièvement la manière dont ont été résolus certains des principaux problèmes de la télévision en couleurs. Nous avons observé que, pour une large part, ces solutions furent dictées par les conditions qu'impose la télévision radiodiffusée. Cependant, nous pouvons être certains que l'addition de la couleur présentera une importance au moins égale pour l'objectif final de la télévision, l'extension du regard humain dans tous les domaines où se manifeste l'effort humain. Ceci complètera la vision de mon Maître, Boris Rosing, publiée dans le journal français Excelsior il y a près d'un siècle [12] : « La télescopie électrique permettra à l'homme de communier non seulement avec les autres êtres humains mais aussi avec la nature elle-même. Avec « l'œil électrique », nous serons à même de pénétrer où aucun être humain n'a pénétré jusqu'ici. Nous verrons ce qu'aucun

être humain n'a vu. « L'œil électrique », muni d'une lampe puissante et immergé dans les profondeurs de la mer nous permettra de lire les secrets du domaine sous-marin. Si nous nous rappelons que l'eau couvre les trois quarts de la surface du globe, nous prenons immédiatement conscience de l'étendue infinie des futures conquêtes de l'homme dans cette partie de son domaine qui lui était jusqu'ici inaccessible. A partir de maintenant et dans tout le futur nous pouvons imaginer des milliers d'yeux électriques courant au fond des mers à la recherche de trésors scientifiques et matériels ; d'autres conduiront leurs explorations sous la surface de la terre, dans les profondeurs des cratères, dans les crevasses des montagnes et dans les puits des mines. L'œil électrique sera l'ami de l'homme, son compagnon vigilant qui ne souffrira ni de la chaleur ni du froid, qui aura sa place dans les phares et dans les postes de vigie, qui dardera son regard haut au-dessus du grèement des bateaux, tout près du ciel. L'œil électrique, aide de l'homme en paix, accompagnera le soldat et facilitera les communications entre tous les membres de la société humaine. Cependant nous ne devons pas craindre qu'il puisse s'immiscer indûment dans la vie privée des familles, comme certains pourraient le penser : il ne saurait voir à travers les murs ».

BIBLIOGRAPHIE

[1] A.V. Bedford. — Mixed Highs in Color Television. *Proc. I.R.E.*, Vol. 38, pp. 1003-1009, 1950.

[2] P.C. Goldmark, J.W. Christensen et J.J. Reeves. — Color Television, U.S.A. Standard. *Proc. I.R.E.*, Vol. 39, pp. 1288-1313, 1951.

[3] R.D. Kell, G.C. Sziklai, R.C. Ballard, A.C. Schroeder, K.R. Wendt et G.L. Fredendall. — An Experimental Simultaneous Color Television System. *Proc. I.R.E.*, Vol. 35, pp. 861-875, 1947.

[4] J. Haantjes et K. Teer. — Compatible Colour Television. *Wireless Eng.*, Vol. 33, p. 3-9, 1956.

[5] P.K. Weimer, S. Gray, H. Borkan, S.A. Ochs et H.C. Thompson. — The Tricolor Vidicon, an Experimental Camera Tube for Color Television. *I.R.E. Convention Record*, Vol. 3, pt. 3, p. 74, 1955.

[6] L.D. Sachtleben, D.J. Parker, G.L. Allee et D. Kornstein. — Image Orthicon Color Television Camera Optical System. *R.C.A. Rev.*, Vol. 13, pp. 27-33, 1952 and
J.D. Spradlin. — The RCA Color Television Camera Chain. *R.C.A. Rev.*, Vol. 13, pp. 11-26, 1952.

[7] C.G. Lloyd et P.H. Boucheron. — Chromacoder Colorcasting. *Radio and TV News* (Radio-electronic Eng. Section), Vol. 52, pp. 7-9, 34-35, December 1954.

[8] H.R. Seelen, H.C. Moodey, D.D. Van Ormer et A.M. Morrell. — Development of a 21-Inch Metal-Envelope Color Kinescope. *R.C.A. Review*, Vol. 16, pp. 122-139, 1955.

[9] C.H. Evans et R.B. Smith. — Color Kinescope Recording on Embossed Film. *J.S.M.P.T.E.*, Vol. 65, pp. 365-372, 1956.

[10] H.F. Olson, W.D. Houghton, A.R. Morgan, M. Artzt, J. Zenel et J.G. Woodward. — A Magnetic Tape System for Recording and Reproducing Standard FCC Color Television Signals. *R.C.A. Rev.*, Vol. 17, pp. 330-392, 1954.

[11] Video Tape Recorder. *Electronics*, Vol. 29, pp. 198-200, July 1956.

[12] A. Korn and B. Glatzel. — *Handbuch der Phototelegraphie und Telautographie*. Nemnich, Leipzig, 1911.

LES PROBLÈMES SCIENTIFIQUES ACTUELS DE LA TÉLÉVISION EN COULEURS

ESSAI D'UN BILAN

PAR

G.-A. BOUTRY
Professeur
au Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.

Bien que cette conférence ait été prononcée le dernier jour du Colloque, nous croyons utile de la publier à cette place, car elle constitue une remarquable synthèse des travaux du Colloque, et elle donnera aux lecteurs de l'Onde Electrique, qui pour la plupart n'ont pu participer à ces travaux, une idée des principaux problèmes qui furent évoqués.

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

Pendant les quatre jours qui viennent de s'écouler, nous avons écouté sept conférences et cinquante-quatre communications : il ne serait ni sage, ni possible de donner dans cette dernière causerie un résumé de chacune de ces interventions. J'essaierai donc seulement d'énumérer quelques faits d'importance majeure qui m'ont semblé ressortir de nos débats ; j'essaierai d'évaluer leur importance pour le développement futur de la Télévision en Couleurs.

I. Au cours de notre Colloque, le rôle majeur joué dans le développement des appareils et des systèmes de Télévision en Couleurs par l'Optique Physiologique et l'Optique Instrumentale a été bien mis en évidence. Puis-je me permettre de dire que M. le Professeur WRIGHT, en terminant sa belle conférence, s'est montré presque trop modeste ? En vérité, l'Optique Physiologique joue le rôle essentiel au commencement et à la fin de nos opérations : l'analyse d'un spectacle et sa restitution sous la forme d'une image télévisée en couleurs sont des opérations d'ordre électronique dans lesquelles la colorimétrie est le guide. Le résultat final est destiné à l'agrément des spectateurs humains et la satisfaction de ceux-ci est la mesure du succès. Les modes opératoires qui assureront cette satisfaction sont l'absence d'effort, de fatigue, de sensations inhabituelles et le respect des lois concernant la fidélité du rendu colorimétrique, lois dont l'énoncé reste d'ailleurs à donner. Il semble, si l'on juge d'après l'expérience des Metteurs en scène de théâtre, de cinéma et de télévision, qu'une stricte fidélité de la restitution des couleurs n'est satisfaisante pour le spectateur que lorsque la fidélité est aussi réalisée dans la reproduction de l'échelle des luminances existant dans le spectacle : cette échelle doit être reproduite sans compression ni dilatation, ni altération de la valeur moyenne. Le niveau d'éclairement d'un paysage au clair de lune est de l'ordre de grandeur de 0,1 lux et la longueur d'onde dominante de la lumière qui l'éclaire est voisine de 6 000 Å. La mise en scène de la « scène au clair de lune » de l'Opéra « Werther » (Acte II) utilise un éclairement de l'ordre de 20 lux avec une dominante bleue. En plein air, à midi, par un jour d'été sans nuages, sous la latitude 45°, l'éclairement atteint l'ordre de grandeur de 100 000 lux (composition voisine du blanc « C ») la mise en scène du troisième Acte des « Maitres Chanteurs de Nüremberg », pour suggérer cette atmosphère, utilisera un éclairement de l'ordre de 3 000 lux avec une dominante orange. Notre connaissance de ces faits est aujourd'hui seulement qualitative : il est permis d'espérer que dans le proche avenir les spécialistes de l'Optique, du Cinéma et de la Télévision exploiteront ensemble ce domaine de recherche et formuleront des énoncés quantitatifs.

Il est arrivé aussi que les spécialistes de la Télévision ont signalé aux Opticiens professionnels des lacunes qui demandaient à être comblées dans nos connaissances en matière d'Optique Physiologique. Par exemple, il semble bien que c'est à cause de l'avènement des recherches sur la Télévision en Couleurs que le besoin s'est fait sentir d'étudier les variations de l'acuité visuelle avec la couleur, en opérant soit avec des radiations monochromatiques,

soit avec des lumières de composition plus complexe ; les résultats de cette recherche, vous le savez, ont été fort instructifs et il est possible que l'exploitation n'en soit pas encore terminée.

De même l'une des enquêtes dans lesquelles la Télévision et l'Optique Physiologique ont étroitement collaboré est l'étude des phénomènes de papillotage. Les délégués américains qui ont assisté à ce Colloque se souviennent que c'est un physicien américain des Bell Telephone Laboratories qui fut l'un des premiers à étudier sérieusement les phénomènes de papillotage coloré : je suis heureux d'avoir l'occasion de rappeler le souvenir d'un homme dont l'originalité et l'universalité furent admirables. C'est parce que H.E. Ives a étudié soigneusement les résultats donnés par le photomètre à papillotage en photométrie hétérochrome qu'il a pu quelques années après réaliser la première image de Télévision en Couleurs qui ait jamais été montrée. Cela remonte, si mes souvenirs sont bons, à 1929 ; H.E. Ives utilisait, bien entendu, un système à séquence de trames.

Les lois du papillotage coloré sont maintenant bien connues, il se peut qu'elle apportent un jour une contribution au succès d'une théorie complète du fonctionnement de la rétine. Par exemple, quand on restitue la sensation de blanc en faisant alterner sur un écran trois luminances monochromatiques primaires quasi-saturées, on constate que, toutes choses égales d'ailleurs, la fréquence critique de récurrence au-dessous de laquelle la sensation de papillotage commence à être perceptible est presque exactement $3f$, si f est la fréquence critique du papillotage monochrome (blanc) dans les mêmes conditions : voilà qui est de nature à donner à penser au spécialiste.

II. L'Optique Instrumentale nous a aussi beaucoup aidés ; il semble qu'elle continuera de le faire En disant cela, je ne songe pas seulement à l'appui qu'elle a fourni aux Ingénieurs de Télévision dans la construction de leur appareillage ou dans l'exécution de leurs mesures ; je songe également à la théorie même qui régit le fonctionnement des Instruments d'Optique : la méthode moderne des « fréquences spatiales », utilisée maintenant par elle, peut être facilement transposée et appliquée à l'étude du fonctionnement des chaînes de Télévision ; réciproquement, des méthodes télévisuelles permettent de convertir facilement les fréquences spatiales en fréquences temporelles et vice versa. L'origine des développements théoriques qui a conduit aujourd'hui aux travaux de Schade et aux nombreuses et importantes communications que nous avons entendues sur ce sujet, remonte à un Physicien français, le Professeur Duffieux ; celui-ci, quand il écrivit ses premiers mémoires, ne songeait sans doute pas que ses idées trouveraient 15 ou 20 ans plus tard, une applications dans le domaine de la Télévision.

Vous avez écouté la belle conférence faite par le Dr. C.J. Hirsch sur les appareils de reproduction des images dans la Télévision en Couleurs et vous avez admiré comme moi la solidité, l'équilibre et le sens des proportions qui caractérisent ses conclusions. Vous vous souvenez aussi qu'il nous a dit que, si nos tubes de restitution d'aujourd'hui fournissent des images que nous trouvons satisfaisantes, leur prix de revient est encore trop élevé pour permettre le succès de leur développement industriel dans de nombreux pays. M. le Dr Hirsch nous a rappelé l'époque pendant laquelle la restitution des images de Télévision en Couleurs utilisait la projection et la superposition par voie optique, sur un écran, de trois images primaires ; cette méthode, qu'on utilise encore avec succès de temps en temps pour produire des images de très grandes dimensions destinées à un public nombreux, paraît avoir échoué quand il s'est agi de construire un récepteur de Télévision en Couleurs pour l'usage privé. D'où cela vient-il ? Il est exact qu'aucune des combinaisons classiques qu'on utilise pour la projection optique des images n'est ici complètement satisfaisante : nous aimerions disposer d'ouvertures numériques plus fortes, avoir des aberrations marginales et une courbure de champ plus faibles ; cependant, ces aspects du problème ne sont pas l'essentiel. Hélas ! la diminution de la lumière diffuse et des réflexions parasites, la suppression du halo, la protection des éléments optiques de la poussière et de la graisse, la construction d'ensembles rigides établis de façon telle qu'ils soient indéréglables, tout cet ensemble forme un thème de recherches fort peu attirant ; c'est pourtant du succès d'une telle recherche que dépend la possibilité d'appliquer la projection aux récepteurs de Télévision en Couleurs. Certes, il est possible qu'on doive désespérer de trouver une solution satisfaisante à ces ingrats problèmes ; il est permis pourtant de penser que l'on n'a pas fait de grands efforts pour trouver de nouvelles voies d'attaque. Il ne serait pas juste de reprocher à l'Ingénieur-Opticien d'avoir manqué d'enthousiasme ; rien n'a été fait pour lui permettre de formuler correctement l'énoncé. Sommes-nous sûrs, d'ailleurs, que le constructeur d'oscillographes est suffisamment pénétré du fait que ses écrans d'aujourd'hui rayonnent leur énergie visible dans un angle solide de 2π stéradians, si bien que les objectifs les plus ouverts ne peuvent pas recueillir plus du tiers de ce rayonnement total ? La lumière inutilisée ne disparaît pas : il faut bien qu'elle se propage ; elle le fait, au risque de voiler le résultat final... Il est permis de croire que, si cet important et irritant problème est un jour résolu, ce sera parce que les Electroniciens et les Opticiens, travaillant ensemble, se seront décidés à faire une « révision déchirante » de la façon dont il se pose ; la solution , si elle est trouvée, quand elle sera trouvée, sera sans doute révolutionnaire. Peut-être aura-t-elle des conséquences importantes dans des domaines bien éloignés de la Télévision.

III. Si l'on examine l'état actuel des recherches sur les systèmes de codage destinés à la transmission des images de Télévision en Couleurs, on arrive à la conclusion que le premier chapitre de l'histoire de ces recherches approche aujourd'hui de sa conclusion : nous avons de bons systèmes compatibles ; nous savons comparer leur comportement et les images qu'ils fournissent ; nous en connaissons la théorie et les circuits d'une façon vraiment bonne.

Nous savons que nous pourrions continuer à imaginer et à proposer des systèmes nouveaux ; nous devinons en même temps qu'il n'y aurait guère d'avantages scientifiques et économiques importants à le faire. Par contre, les études expérimentales sur la propagation ont à peine débuté en Europe : nous devrions garder en tête la géographie compliquée de notre continent, l'importance des surfaces couvertes par des montagnes et des collines, la complexité de ce relief, la haute densité de population de beaucoup de nos vallées. La très intéressante communication des Drs BERNATH et BRAND a été la seule à traiter le sujet de la propagation d'ondes radioélectriques modulées par des signaux de Télévision ; les résultats exposés par ces deux auteurs suggèrent que nous ferions bien de développer systématiquement les études sur la propagation avant de prendre des décisions définitives au sujet de l'établissement d'une Télévision en Couleurs Européenne.

Nous avons le droit d'espérer que nos amis américains rentreront dans leur pays avec la conviction que le Système N.T.S.C. est maintenant bien compris en Europe et qu'il a été soigneusement étudié par nos ingénieurs ; huit communications ont traité au cours du Colloque de questions relatives à ce système et aux techniques qu'il emploie. La conférence du Dr J. HAANTJES est un exemple remarquable d'étude soigneuse et précise. Cependant, M. le Dr. HIRSCH a fait une aimable allusion aux malentendus qui se sont produits de temps en temps dans le passé entre les Ingénieurs des deux continents au cours d'échanges de vues sur le système N.T.S.C. et les techniques qu'il emploie. Il a dit vrai et il est sans doute utile d'essayer de trouver les causes de ces incompréhensions. La plus fréquente est l'usage incorrect du vocabulaire technique, cette faiblesse si facile à éviter et si fréquemment constatée dans notre monde de la Recherche Appliquée. Le besoin d'un vocabulaire précis et utilisé à bon escient domine toute Science : c'est pourquoi l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée a une Commission des Symboles, des Unités et de la Nomenclature. Permettez-moi de m'expliquer par quelques exemples : dans de nombreux ouvrages didactiques sur le système N.T.S.C., on fait référence à un « principe de luminance constante ». En fait, il ne s'agit pas d'un « principe », mais d'un but, un but que nous cherchons à atteindre et que nous n'atteignons pas à cause des défauts de linéarité des circuits employés en Télévision. La situation est analogue, sans doute, pour le « principe des Mixed-Highs » : il est plus correct de parler d'un artifice légitime fondé sur une large interprétation d'une propriété de l'œil humain suivant laquelle le nombre total de teintes qu'il peut distinguer à l'intérieur du triangle des couleurs est une fonction de 2 paramètres principaux : le diamètre apparent de l'aire qu'on observe et l'éclairement de celle-ci. Nous n'avons pas le droit d'oublier le second paramètre : les tribunaux de la police de la plupart des nations continuent, en dépit du « principe des Mixed-Highs » à imposer des amendes aux conducteurs qui ne peuvent distinguer le rouge du vert dans les signaux routiers de faible diamètre apparent.

Une autre source de malentendus réside dans le fait que Physiciens et Radioélectriciens ne parlent pas la même langue, si bien que la méthode employée pour assurer la compréhension de l'un peu n'apporter aucune lumière à l'autre. M. le Dr. HIRSCH nous a très à propos rappelé que le système N.T.S.C. est essentiellement fondé sur les propriétés de l'œil humain. C'est pourquoi les Physiciens souhaitent que les exposés du système montrent de façon logique qu'il en est bien ainsi. Dans beaucoup de ces exposés on insiste longuement sur l'entrelacement, à l'intérieur d'une bande de fréquence unique, des composantes spectrales des signaux de luminance et de chrominance ; ceci est mathématiquement et radioélectriquement correct ; cependant , le Physicien se sent troublé et ce n'est qu'après quelque temps passé à l'étude qu'il parvient enfin à comprendre qu'il ne s'agit pas d'une violation du théorème de Shannon, que cet entrelacement n'a rien à voir avec la séparation approximative des deux signaux dans le récepteur (celle-ci est possible parce que la distribution d'énergie dans les deux spectres est tout à fait différente) et que si nous pouvons finalement utiliser de cette manière une plus grande quantité d'information (polluée) par unité de temps c'est parce que les propriétés de nos yeux sont telles que la pollution qui se produit est dans la plupart des cas facilement tolérable, pourvu qu'on place un filtre passe-bas sur la voie du signal de luminance dans le récepteur. Si quelqu'un dans l'assistance en doute encore, la communication que M. le Dr. JESTY nous a faite sur ce sujet devrait le convaincre. Quand on se souvient aujourd'hui, qu'il y a 10 ans, au cours de l'établissement de la Télévision monochrome en Europe, les controverses qui eurent lieu concernaient uniquement la définition dans l'image, on a le droit d'être surpris. Grâce à notre expérience de la Télévision publique, a l'étude que nous avons faite de la qualité de ses images, nous savons aujourd'hui que l'absence d'empâtement et la restitution correcte des contrastes ont une importance majeure.

Tous ces détails peuvent avoir retardé autrefois notre compréhension : ils n'ont point changé l'opinion de tous les Ingénieurs Européens : le développement du système N.T.S.C. est un magnifique exemple de coopération ; au sens médiéval, le meilleur, du mot, c'est un chef-d'œuvre. Ce Colloque a été ouvert par une conférence de M. le Dr ZWORYKIN qui nous a parlé dans sa conférence passionnante de la naissance de la Télévision en Couleurs et du rôle joué alors par les ingénieurs américains : je suis heureux, au moment où se termine nos séances, de féliciter ici nos collègues américains.

Ce qui précède ne veut pas dire qu'on ne doit pas continuer la recherche dans le domaine des techniques de codage. Nous avons tous écouté la conférence du Dr GRAHAM et nous avons compris, grâce à lui, l'importance des services que les techniques de quantification pourront rendre quelque jour à la Télévision. Tous les hommes de métier savent et regrettent le grand gaspillage d'informations qu'implique aujourd'hui la diffusion des images de télévision : l'élimination de la redondance, obtenue

d'une façon économique et industriellement valable, produirait une révolution dans les techniques de la Télévision. Ce but est encore situé dans un avenir imprécis ; comme il n'est pas question d'arrêter le développement de la Télévision dans le monde, les recherches sur le codage devront se développer à part jusqu'au jour où elles auront atteint le stade où il sera possible de faire des propositions pratiques et des démonstrations publiques.

IV. Passons maintenant, si vous le voulez bien aux recherches qui concernent l'analyse d'une image en couleurs, qu'il faut traduire en signaux électriques utilisables pour la transmission télévisuelle. M. le Prof. Schröter a résumé ce sujet dans une conférence lucide et parfaitement documentée que nous avons eu grand plaisir à écouter. Quelle a été sa conclusion ? Nous ne possédons pas encore le tube d'analyse parfaitement convenable, ce tube qui doit être à la fois sensible, d'usage simple, de fabrication facile et dont la production puisse se faire en grande série. M. le Prof. Schröter nous a dit que, avec le vidicon d'aujourd'hui, nous sommes en vue de ce but final et il a indiqué les directions que les recherches devaient maintenant prendre pour en finir. Ses conclusions sont certainement justes : il est hautement probable que l'avenir des tubes analyseurs d'images monochromes et d'images en couleurs sera gouverné par l'application des phénomènes photoconductifs. Faut-il en conclure que les difficultés restantes — elles peuvent paraître peu importantes aux non-spécialistes — seront bientôt vaincues ? On est loin d'en avoir le droit ; la technologie des cibles photoconductrices est l'une des plus complexes et des plus délicates de toute l'Electronique ; elle dépasse en difficulté celle des couches photo-émissives elle-même et l'on sait que cette dernière progresse encore aujourd'hui, après 30 ans d'efforts soutenus. Il est parfaitement possible que des années encore nous séparent du moment où nous pourrons produire en grande série dans une usine, à bon marché, des tubes à cibles photoconductrices qui auront à la fois une inertie suffisamment basse, une vie moyenne suffisamment longue et une sensibilité qui ne saurait être inférieure à celle qu'on a atteint aujourd'hui. Souvenons-nous, de temps en temps, des années qui ont passé, pendant que l'iconoscope faisait place au supericonoscope et le supericonoscope à l'orthicon puis à l'image orthicon. Vous avez certainement remarqué, à ce propos, le très petit nombre de communications presentées à cette section de notre Colloque. Cela ne veut pas dire que les recherches se ralentissent ou se raréfient, mais simplement que les problèmes technologiques ne sont pas de bons sujets de mémoires.

On nous a également très peu parlé de la lecture des films en couleurs (une seule communication, d'ailleurs importante, traitait ce problème). On ne nous a pas parlé du tout de l'enregistrement des images de Télévision en Couleurs : cela est bien regrettable. Tout au long de l'histoire de la radiodiffusion sonore, on trouve une tendance croissante à utiliser des programmes diffusés à partir d'enregistrements de toutes sortes et non pas transmis directement du studio. Cette façon de faire est aujourd'hui universelle et les raisons de cette évolution parfaitement connues : l'établissement d'un programme, grâce à l'enregistrement, est plus facile et plus économique ; la diffusion peut être assurée à un public plus étendu. La diffusion des images de télévision monochrome montre aujourd'hui la même tendance. On voit croître de façon continue l'importance des programmes diffusés à partir de films pris au studio. De même, la plupart des programmes directement transmis sont enregistrés sur films de 16 mm pendant la transmission et peuvent être rediffusés ensuite. Il n'est donc pas surprenant que l'on ait vu naître et croître l'intérêt apporté à l'enregistrement des signaux de Télévision par la méthode magnétique : vous savez qu'en Télévision monocrome l'enregistrement des programmes par cette méthode a déjà commencé.

La nécessité de l'enregistrement est plus grande encore pour les programmes de Télévision en Couleurs dont la production coûte plus cher que celle de leur équivalent monochrome. Il faut bien comprendre que l'on rencontre des difficultés très graves quand on veut prendre un film en couleurs par photographie directe d'un programme de télévision ou quand on veut « lire un film en couleurs pour en tirer des signaux de télévision corrects ; le prix de revient d'un tel cycle est, au demeurant, inacceptable. Cela dit, l'enregistrement des programmes de Télévision en Couleurs sera sans doute une nécessité économique si la Télévision en Couleurs publique doit se développer un jour. Quelle est alors la solution ? Il ne semble pas qu'elle soit du domaine de la photographie et c'est pourquoi nous avons le droit d'être surpris de n'avoir pas rencontré au cours de nos séances, une communication consacrée à l'étude de l'enregistrement magnétique des signaux de Télévision en Couleurs.

V. Nous avons déjà parlé du rôle dévolu à l'Optique Instrumentale dans la reproduction des images de Télevision en Couleurs. Parlons maintenant du tube reproducteur lui-même. Pouvons-nous dire que l'état des choses actuel est pleinement satisfaisant Les restitutions fournies par les principaux types actuels de tubes de restitution sont techniquement bons, esthétiquement agreables. On peut souhaiter des niveaux de luminance plus élevés, mais dans leur recherche , on est gêné par les difficultés rencontrées dans l'obtention des matières fluorescentes dans le rouge capables d'un rendement convenable : M. le Dr Klasens nous l'a rappelé dans son intéressante conférence. Une autre difficulté susbsiste, commune dans une proportion variable à tous les types de tubes de restitution d'images que nous connaissons : la technologie des tubes électroniques a, depuis 1939, montré une tendance bien définie vers une précision de plus en plus grande dans l'exécution et dans le positionnement des électrodes des pièces isolantes. Magnétrons pour très haute fréquence, tubes à ondes progressives de toutes catégories, triodes à disques scellés, petits klystrons, etc., tous ces tubes sont caractérisés par le montage dans le vide de pièces de très haute précision mécanique,

tous ont été un succès industriel : souvenons-nous toutefois, que leur prix de revient avait peu d'importance économique. Tel n'est pas le cas pour les tubes de restitution d'images : dans ces grands oscillographes dotés d'un ou de trois canons à électrons, d'un pochoir ou de grilles à pas très fins, on rencontre à la fois la nécessité d'atteindre une haute précision et celle d'obtenir des prix de production suffisamment bas. Le succès des tentatives industrielles que l'on a faites pour atteindre simultanément ces deux buts n'est encore que modéré ; chaque jour on progresse et ce progrès devra continuer quelque temps encore avant que puisse être atteint le niveau économique qui permettra la production de grande série dans des usines nombreuses. L'un des plus intéressants développements au cours de ces travaux a été la création de tubes à « faisceau électronique indicateur », dans lesquels les difficultés mécaniques inhérentes à la construction de l'oscillographe lui-même sont réduites au prix d'une augmentation de la complexité des circuits associés aux tubes : on peut voir là un point de départ industriel solide.

Il existe deux autres problèmes de grande taille qui concernent l'avenir des reproducteurs d'images et dont il n'a pas été parlé pendant le Colloque, sans doute parce que personne aujourd'hui n'aime plus parler d'eux. Le premier de ces problèmes réside dans le fait que le seul appareil qui nous permette de convertir d'une façon réellement commode des signaux électriques en des luminances distribuées sur un écran, possède une caractéristique essentiellement non linéaire : c'est l'oscillographe cathodique, dont le gamma est toujours beaucoup plus grand que un et d'ailleurs variable. C'est là un inconvénient ; les complications qu'il engendre étaient tout juste acceptables dans le cas de la Télévision monochrome. Elles ne le seront plus dans le cas de la Télévision en Couleurs : la majeure partie de la gaucherie qui caractérise encore nos systèmes d'élaboration et de transmission des signaux de Télévision en Couleurs provient de la nécessité dans laquelle nous sommes d'avoir trois correcteurs de gamma indépendants, de la peine que l'on a à les équilibrer et des défauts introduits dans l'image par le fait qu'on n'obtient jamais une restitution linéaire avec une approximation suffisante. On est bien obligé d'avouer que nous ne voyons pas aujourd'hui clairement de quelle façon nous pourrions améliorer cette situation : il y a là un important domaine de recherche qui paraît bien être presque complètement déserté.

Le second problème majeur dont j'ai parlé s'énonce comme suit : quand nous produisons une image visible par le moyen de l'oscillographe cathodique, l'information transmise à l'écran et l'énergie visible dissipée sur celui-ci proviennent toutes deux d'une source unique : le pinceau électronique. Au temps où je faisais mes études, il y avait en France un Physicien bien connu, le Professeur H. Bouasse, qui avait l'habitude de dire chaque fois que, dans un appareil quelconque, on confiait deux fonctions distinctes à un organe unique, ce dernier faisait toujours ses deux services d'une façon qui n'était pas satisfaisante : il me semble que les tubes de restitution d'images d'aujourd'hui illustrent assez bien cette proposition. La situation serait bien meilleure si le pinceau électronique fournissait seulement à un très bas niveau d'énergie, l'information définissant la distribution des luminances, pendant que l'énergie correspondante serait empruntée à une autre source grâce à un relais optique dont la reponse serait proportionnelle à l'amplitude informative. Il est juste de dire que l'importance fondamentale d'un tel dispositif a été très tôt bien comprise, qu'on a cherché des solutions de ce problème depuis plusieurs décades et que les recherches ne se sont jamais arrêtées ; bien des dispositifs ont été imaginés ; trois ou quatre d'entre eux ont été développés : le dernier de ceux-ci créé par Fisher de Zurich est encore en expérience. On est bien obligé de constater que, si intéressantes que soient certaines de ces solutions, nous n'avons aujourd'hui à notre disposition aucun relais optique commode et industriellement réalisable. Tant que durera cet état de choses, il y aura peu d'espoir d'améliorer beaucoup et d'une façon industrielle, nos images actuelles dont les dimensions, la luminance moyenne et le contraste restent limités.

Il faut conclure. Quand s'est terminée la deuxième guerre mondiale, la Télévision monochrome éclata dans le monde et se développa vite dans une atmosphère fiévreuse et presque romantique : ce climat sans doute était dû à la croissance extraordinairement rapide de l'industrie électronique pendant la période précédente et à la grandeur de ses réalisations passées. Il semble bien qu'au moment où naissait la Télévision en Couleurs ce climat de succès sans précédent a engendré quelques erreurs d'optique de la part de ceux qui ont la charge de conduire les groupes industriels : on a jugé peut être un peu vite des limitations et des difficultés économiques et techniques qui risquaient encore de gêner le développement de ce nouveau divertissement universel. On a sans doute pensé que les ombres qui restaient au tableau seraient vite balayées et que la vitesse du progrès ne serait pas ralentie — qu'elle continuerait peut être même à croître. Me pardonnera-t-on une comparaison vulgaire ? A première vue, un cheval emballé et un cheval au galop paraissent se comporter de même ; avec le temps, pourtant, leurs cavaliers sont traités de façon bien différente. Il me semble qu'aujourd'hui le cheval qui porte les Couleurs de notre Télévision est un trotteur ; il arrivera au but et en attendant qu'il le fasse, nos Laboratoires, auxquels depuis 1945, on n'a jamais laissé assez de temps pour travailler, pourront enfin tâcher d'aller au fond des quelques problèmes majeurs qui restent à résoudre.

J'ai dit plusieurs fois, dans la suite de cette causerie, que les images que nous obtenons aujourd'hui sont satisfaisantes ; permettez-moi d'éclairer ma pensée. En 1917-1918, j'habitais une ville de la province française ; le corps expéditionnaire des Etats-Unis y apporta les premiers films de Charlie Chaplin : ceux-ci furent unanimement déclarés techniquement excellents. Pourtant, le papillotage de ces images était abominable, la définition mauvaise, le grain grossier et la restitution du contraste exécrable. Afin qu'il n'oublie , le conseil que je me

permets de donner à tout ingénieur spécialiste de la Télévision est de visiter un spectacle cinématographique une ou deux fois par mois : cela lui permettra de voir ce qu'est une bonne image monochrome et de juger aussi du chemin qui reste à faire à l'industrie cinématographique pour produire des images en couleurs vraiment irréprochables.

Souvenons-nous enfin qu'une mauvaise fee préside à la naissance de tous les procédés industriels où la couleur joue le rôle capital : leur développement a toujours été lent, délicat et dispendieux. Ceci a été vrai pour l'industrie textile, vrai pour l'imprimerie, vrai pour la photographie. Souvenez-vous de l'histoire de la photographie en couleurs : à la fin du 19e siècle Lippmann fit à Paris les premières photographies en couleurs par la méthode d'interférence, vers 1910 Louis Lumière inventa le procédé autochrome qu'on parvint à industrialiser à petite échelle vers 1918 : j'ai encore une collection de photographies faites par ce procédé vers 1925. Nous avons dû ensuite attendre 1936 pour le progrès suivant ; aujourd'hui en 1957, nous sommes contraints de constater que le procédé Kodachrome (qui est une réalisation magnifique) est encore trop cher pour être utilisé partout et singulièrement par l'industrie cinématographique. L'un des facteurs du succès final de notre aventure industrielle d'aujourd'hui, l'établissement mondial de la Télévision en Couleurs, sera l'adoption d'un état d'esprit permettant à tous les responsables d'apprécier de sang froid les enseignements apportés par ces exemples historiques.

Ainsi se résument, Mesdames et Messieurs, les choses que j'ai apprises en écoutant les communications que vous avez faites pendant ce premier Colloque sur les Problèmes Physiques de la Télévision en Couleurs, tenu à Paris en l'année de haute technicité et de faible grâce, mil neuf cent cinquante sept.

SECTION I

COMPORTEMENT DE L'ŒIL

Les travaux de cette section ont été ouverts par une conférence de M. le Professeur W.D. Wright, dont on trouvera le texte ci-après. Nous donnons ensuite seulement le titre des douze communications de cette section, consacrées à des problèmes d'optique physiologique ; les lecteurs intéressés par ces problèmes pourront se reporter aux numéros d'Optica Acta ou d'Acta Electronica dont la référence figure au sommaire de ce numéro. Nous avons cependant cru intéressant de publier le texte de la communication du Dr A. Rose, consacrée au problème du bruit dans la vision et la télévision.

L'OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE ET LA TÉLÉVISION EN COULEURS(*)

PAR

W.D. WRIGHT

Professor of Technical Optics
Imperial College of Science and Technology
London (Grande-Bretagne)

La télévision en couleurs, procédé d'égalisation trichrome.

Les méthodes classiques, utilisées en télévision pour reconstituer une image en couleurs, font toutes intervenir l'association de trois images rouge, verte et bleue par un quelconque procédé additif. Citons entre autres :

a) La présentation en succession rapide de trois images colorées et leur fusion par l'œil à une vitesse de défilement supérieure à la fréquence critique de papillotement (flicker).

b) La fusion optique utilisant la réflexion partielle de miroirs judicieusement placés.

c) La fusion optique par projection sur un écran de trois images rouge, verte et bleue superposées.

d) La fusion visuelle d'images rouge, verte et bleue constituées de points ou de lignes entrelacés, à condition que la finesse du quadrillage soit inférieure au pouvoir de résolution de l'œil.

La télévision en couleurs peut en effet être considérée comme un procédé automatique d'égalisation trichrome par voie additive. La quantité d'information relative à chaque point d'image que la caméra enregistre instantanément puis transmet au récepteur, équivaut aux réglages effectués par le manipulateur d'une colorimètre trichrome à vision directe lorsqu'il égalise deux couleurs. En télévision, l'égalisation des couleurs est effectuée entre points correspondants de la scène originale et de l'image reproduite, mais, comme les deux couleurs ne sont généralement pas placées côte à côte, la précision de l'égalisation sera bien inférieure à celle qui est requise dans l'industrie des colorants ou des produits de peinture. Il convient cependant de faire quelques réserves sur ce jugement, et ceci pour deux raisons : d'une part, ce n'est pas toujours l'égalisation colorimétrique exacte entre l'original et la reproduction qui donne sur l'écran du récepteur le meilleur résultat subjectif et le problème posé à l'ingénieur de télévision apparaît de ce fait plus subtil que celui du technicien de la colorimétrie ; et d'autre part, la latitude accordée pour la reproduction d'un détail particulier de l'image ne s'étend pas aux petites différences de couleur pouvant exister entre deux parties contiguës de l'image. En d'autres termes, il faut pouvoir distinguer les couleurs même si une légère distorsion de l'ensemble de la gamme des couleurs est admise. Remarquons en passant que si des méthodes de reproduction se développaient analogues au procédé soustractif utilisé en photographie en couleurs, dans lequel le mélange de trois composantes est fonction

(*) Texte traduit de l'anglais.

des densités de trois couches colorées respectivement en cyan, magenta et jaune l'équivalence avec la colorimétrie trichrome additive deviendrait moins évidente pour la simple raison qu'il n'existe pas actuellement de matières colorantes dont la courbe de transmission se rapproche suffisamment des courbes spectrales théoriques. C'est seulement en principe que les procédés soustractifs peuvent être décrits en termes de colorimétrie additive.

Si l'on suppose qu'une reproduction colorimétrique exacte constitue le but idéal vers lequel doit tendre tout système de télévision en couleurs, on peut démontrer (1) que les trois courbes de sensibilité spectrale de la caméra doivent correspondre aux courbes spectrales de l'œil. Disons, pour être plus précis, qu'elles doivent correspondre aux courbes connues en colorimétrie sous le nom de courbes de distribution spectrale lesquelles définissent les quantités de trois stimuli, rouge, vert et bleu, qu'il faut mélanger pour obtenir l'égalisation des couleurs du spectre d'égale énergie. En 1931, la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.) a établi ces courbes pour un observateur moyen et un procédé international de mesure de la couleur fut défini à cet effet. Les ingénieurs de télévision ont utilisé de façon très ingénieuse les principes de la colorimétrie et les données fournies par la C.I.E. sont à l'origine des spécifications du système N.T.S.C. (2).

C'est un fait connu de certains d'entre vous, la C.I.E. envisage, depuis quelques années, de réviser les données relatives à l'observateur normalisé. Deux raisons principales militent en faveur de cette enquête. Tout d'abord, il est reconnu que, dans la courbe de visibilité relative $V\lambda$ qui indique la brillance relative des couleurs spectrales et fut normalisée en 1924, les valeurs adoptées à l'extrémité bleue du spectre sont trop faibles. Ces inexactitudes n'avaient du point de vue de la photométrie, que peu d'importance, mais on présume que l'utilisation de ces chiffres pour l'établissement en 1931 des courbes de distribution est la cause des quelques divergences relevées dans la spécification des couleurs. En deuxième lieu, les données relatives à l'égalisation des couleurs, qui furent normalisées par la C.I.E. en 1931, provenaient d'observations effectuées avec des colorimètres dont le champ était de 2°. Cette valeur avait été choisie pour des raisons jugées alors parfaitement valables, en particulier pour éviter l'impression de non uniformité due à l'existence de la macula et ressentie sur une plage de grandes dimensions éclairée par une lumière à spectre discontinu. Il s'agissait également d'éviter les complications possibles liées à la vision par les bâtonnets, phénomène qui apparaît dès que la zone utilisée de la rétine déborde nettement la fovea. On a émis des doutes quant à la possibilité d'appliquer des résultats relatifs à un champ de 2° à des mesures industrielles qui égalisent fréquemment des échantillons de très grandes dimensions.

Dans ces conditions, le Dr W.S. Stiles du National Physical Laboratory a entrepris de mesurer à nouveau les courbes d'égalisation des couleurs, dans le cas aussi bien d'un champ de 2° que de 10°, et d'une manière générale, de contrôler la validité des procédés photométriques et colorimétriques, y compris celle du principe d'additivité. La C.I.E. n'a pas encore pris de décision sur la révision des données relatives à l'observateur moyen, mais il est important pour les ingenieurs de télévision de savoir s'ils doivent reconsidérer les spécifications de leur système.

C'est sous ma propre responsabilité que je vais essayer de prévoir les décisions de la C.I.E., non sans risques de me tromper. Plusieurs possibilités peuvent être envisagées :

1 — Il n'y aura pas de changement.

2 — Les données de 1931 (champ de 2°) seront remplacées par de nouvelles données, toujours relatives à un champ de 2°.

3 — Les données de 1931 (champ de 2°) seront remplacées par de nouvelles données relatives à un champ de 10°.

4 — Les données de 1931 (champ de 2°) seront remplacées par de nouvelles données relatives à des champs de 2° et de 10° de telle sorte que la spécification des couleurs pourra être basée sur l'un ou l'autre ensemble de données suivant la valeur du champ utilisé.

5 — Les données de 1931 (champ de 2°) seront conservées et les nouvelles données relatives à un champ de 10° seront adoptées en vue de spécifier les couleurs des grandes surfaces.

Pour de multiples raisons, la dernière solution me semble avoir le plus de chances d'être adoptée car elle éviterait le bouleversement considérable des normes de couleur qui résulterait de l'abandon de toutes les données actuelles, d'autant que la différence entre les anciennes et les nouvelles données relatives à un champ de 2° ne semble pas suffisamment importante pour justifier un tel bouleversement.

Quel serait l'effet sur la télévision en couleurs d'une modification des données relatives à l'observateur normalisé ? Il serait vain de prétendre que la télévision en couleurs a besoin de données colorimétriques extrêmement précises. Il serait toutefois peu souhaitable que les normes officielles d'un système de télévision comme le système NTSC soient exprimées à partir de données périmées. Si les données actuelles relatives à un champ de 2° venaient à être modifiées, les spécifications devraient donc être modifiées. Mais si ces données étaient conservées, le NTSC, tout comme les autres systèmes, seraient en droit de les utiliser, car la situation du téléspectateur est plus proche de celle de l'observateur égalisant avec un champ de 2°, que de celle de l'observateur qui utilise un champ de 10°

En effet, bien que l'image de télévision soit vue sous un angle de 15 à 20°, la scène reproduite est constituée d'un grand nombre de détails diversement colorés. Chaque aire colorée élémentaire est vue sous un très petit angle et dans ces conditions il est légitime d'utiliser pour spécifier le système de

télévision les données relatives à l'égalisation des couleurs pour les petites plages. Ce sont donc les données relatives à un champ de 2° qui paraissent les plus appropriées.

Ceci nous conduit tout naturellement à parler des propriétés de l'œil concernant l'égalisation des couleurs sur de très petites plages, propriétés qui interviennent dans la vision des détails fins de l'image. La moindre capacité à distinguer les couleurs, liée à la tritanopie constatée, provient, semble-t-il, de la perte de sensibilité à la lumière bleue, de telle sorte que l'égalisation des couleurs dégénère en un processus bi-variant. Dans ces conditions, la reproduction des détails fins de l'image peut être effectuée par un système de télévision à deux couleurs primaires et même pour les détails extrêmement fins par un système à une seule couleur sans que la qualité de la reproduction en soit affectée de façon notable. Un gain considérable de largeur de bande peut de ce fait être réalisé.

Remarquons cependant que les droites de confuson dans la tritanopie des champs très petits sont toutes issues de l'extrémité bleue de la courbe de chromaticité (fig. 1). Pour que cette propriété de

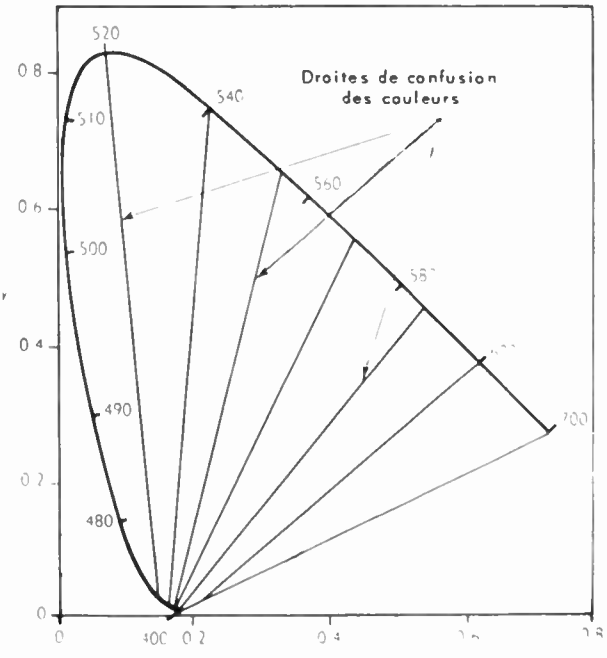


FIG. 1

l'œil soit utilisée de façon correcte en télévision, il faut réaliser un codage du signal dans la partie haute du spectre qui élimine toute variation de l'information de couleur le long d'une droite de confusion. Il ne semble pas que ce fait ait retenu l'attention des théoriciens du système et nous savons par ailleurs que la linéarité et la direction des lieux de confusion ont souvent dû être sacrifiées en pratique à des considérations plus importantes, comme la correction de gamma. Il serait certainement intéressant de savoir si des expériences sérieuses sur la couleur apparente des détails fins d'une image de télévision ont permis d'établir la sensibilité particulière de l'œil aux directions des axes I et Q du système NTSC, dans le plan du diagramme de chromaticité.

Reproduction subjective de la couleur.

Pour des raisons évidentes, l'image de télévision en couleurs ne peut pas reproduire exactement la scène originale. Des limitations inévitables affectent, par exemple, la brillance, la variation de brillance, la définition ; d'autres proviennent des dimensions de l'image, de la distance de prise de vues et de l'absence de relief ; des erreurs importantes dans le rendu des couleurs peuvent d'autre part difficilement être évitées. Il faut dans ces conditions réaliser des compromis entre ces diverses approximations et il n'y a pas d'axiome disant que la meilleure reproduction exige l'égalité rigoureuse des coordonnées trichromatiques de chaque point de la scène originale et du mélange correspondant des trois couleurs primaires R, G, B du récepteur. Si un point P à l'extrémité émettrice a des coordonnées x, y et si le mélange R G B à la réception a les mêmes coordonnées, il est probable que la sensation de couleur sera néanmoins quelque peu différente. L'égalité des coordonnées trichromatiques ne peut assurer l'identité de la sensation de couleur que si les conditions d'observation sont identiques. Or, en fait, la situation du téléspectateur est très différente de celle de la caméra de prises de vues, notamment en ce qui concerne la brillance et les dimensions de l'image et l'total changement de cadre. Tout ceci affecte l'état d'adaptation de l'œil. Il est aisé de montrer qu'un stimulus déterminé peut provoquer des sensations différentes suivant le contraste et l'état d'adaptation de l'œil. Pour que l'apparence de P soit reproduite à la réception il faut que les coordonnées trichromatiques soient changées en x′, y′. Dans ces conditions, le problème de la reproduction subjective peut être défini comme étant celui de la détermination des coordonnées x′, y′, et de la brillance L′ d'un stimulus P′ qui dans un certain état d'adaptation H′, procure la même sensation que le stimulus P de coordonnées x, y et de brillance L observé dans un état d'adaptation H. H et H′ dépendront de façon compliquée du niveau et de la courbe spectrale de la brillance (respectivement à l'émission et à la réception).

Inutile de dire que ce problème n'a pas été résolu. Ses difficultés apparaîtront plus nettement si l'on se réfère aux dernières pages du livre « Principe de la Photographie en Couleurs » d'EVANS, HANSON et BREWER. Je désirerais, cependant, insister sur le caractère biologique de ce phénomène qui ne peut s'incorporer à une théorie de la télévision en couleurs sans avoir été au préalable l'objet d'une étude quantitative plus approfondie.

Un nombre impressionnant d'articles ont été publiés ces dernières années sur ce sujet en connexion avec les problèmes de la reproduction des couleurs ou avec ceux très semblables de la couleur des lampes fluorescentes. Toutes ces études font nécessairement appel à une méthode d'observation permettant de

comparer le stimulus P dans l'état H au stimulus P′ dans un état différent H′. Cette comparaison a été faite de diverses façons soit à l'aide d'une technique d'égalisation binoculaire ou à mémoire, soit en utilisant des portions d'une même rétine éclairées de façon différente.

Comme il est facile de l'imaginer, chacune de ces techniques a ses propres limitations mais on commence à avoir une vue d'ensemble des modifications de la sensation de couleur qui peuvent résulter des différentes conditions de l'observation. Un exemple d'une particulière importance pour la télévision en couleurs (3) est l'effet de l'adaptation aux différents éclairements « blancs », lampe à filament de tungstène, lumière du jour. La figure 2 indique les résultats

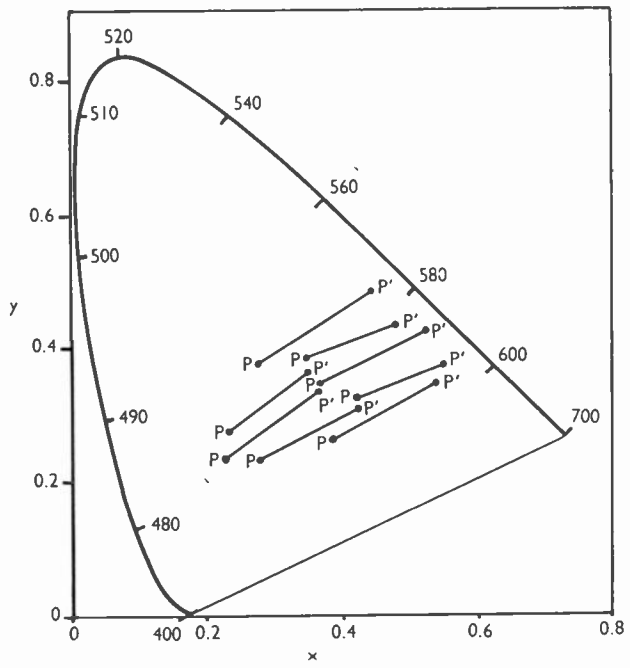


Fig. 2

caractéristiques obtenus par Burnham, Evans et Newhall (4) au moyen de l'égalisation binoculaire. Elle représente divers ensembles de deux points P, P′ qui procurent la même sensation de couleur, lorsque sont utilisées respectivement les sources S_A et S_C. Ces résultats sont valables dans le cas d'une adaptation totale aux deux sources. Pour maintenir l'équilibre de couleur d'une image de télévision lorsqu'un éclairage ambiant par lampe à filament de tungstène est substitué à la lumière du jour, il faut effectuer un réglage dans le sens indiqué, mais peut-être pas de la quantité PP′. J'ai dans un autre article (5) insisté sur l'opportunité qu'il y aurait à rnomaliser les conditions d'observation pour les mesures subjectives de couleurs afin que les résultats des différents chercheurs puissent être facilement comparés. Je ne pense pas que les ingénieurs de télévision soient très préoccupés des conditions particulières qui pourront être normalisées, mais il serait intéressant de savoir s'ils considèrent que des mesures normalisées sont nécessaires en pratique.

Différenciation des couleurs et définition.

Il importe de ne pas oublier que des conditions physiques limitent la quantité d'information pouvant être transmise sur un canal de télévision déterminé. L'ingénieur de télévision, et peut-être plus encore l'agent technique, ont à faire le choix de la meilleure utilisation de ce canal. D'un côté nous pourrions être tentés de réduire jusqu'à l'annuler l'information de couleurs et opter pour une image monochrome à haute définition. D'un autre côté nous pourrions réaliser une excellente différenciation des couleurs associée à une médiocre résolution des détails. Du point de vue de l'ingénieur, ces deux solutions extrêmes ainsi que toutes les solutions intermédiaires ne sont pas techniquement équivalentes, nous pouvons cependant décider de concentrer notre effort soit sur la définition aux dépens de la différenciation des couleurs, soit sur la différenciation des couleurs aux dépens de la définition.

Une reproduction en couleurs doit, en premier lieu, pouvoir être reconnue et en second, être esthétiquement valable. Un artiste abstrait placerait peut-être la beauté en premier et la perception en second, mais ceci n'est pas l'avis du grand public ! La perception à son tour exige une certaine précision dans la reproduction des formes et des détails. Il est impossible de formuler des exigences précises qui dépendent par trop de la nature de la scène mais les réactions du public devant la télévision en noir et blanc indiquent qu'un système à 400-600 lignes peut avoir du succès.

Il a été parfois suggéré que l'information supplémentaire fournie par la couleur non seulement faciliterait la perception mais, par une accentuation du contraste, améliorerait également la résolution. L'optique physiologique ne fournit pas beaucoup de preuves à l'appui de cette thèse selon laquelle les mires colorées seraient mieux résolues que les mires en noir et blanc ; en fait c'est précisément le résultat opposé qui a été constaté (6). Des idées nouvelles, introduisant une distinction entre finesse et résolution, ont été développées et il est possible que le réalisme plus marqué de l'image en couleurs puisse créer une impression subjective de plus grande finesse. Je suis toutefois opposé à toute suggestion, tendant à diminuer délibérément la définition normalisée de l'image en couleurs.

En ce qui concerne l'esthétique de la reproduction en couleurs, je limiterais mes remarques à la question de la différenciation et du degradé des couleurs. La beauté d'une fleur, d'un paysage, d'un coucher de soleil, d'un visage est souvent intimement liée à de fins dégradés de lumière et de couleur. La délicate contexture d'un pétale résulte de subtiles gradations de lumière, de teinte et de saturation combinées aux très fins détails de sa surface fibreuse. Si ces gradations de couleur échappent au pouvoir de différenciation du système, l'essentiel de la contexture et de sa beauté aura disparu de l'image télévisuelle, quand bien même le détail de la structure serait conservé. Le concept de résolution de couleurs semble moins familier aux ingénieurs de télévision que celui de résolution des détails. C'est ainsi que

l'enquête du NTSC sur les aspects subjectifs de la télévision en couleurs n'en fait pas mention. Je ne pense pas cependant que son importance puisse être mise en doute. En fait j'attacherais plus de prix à l'aptitude à différencier les couleurs qu'à la précision de la restitution. Il est intéressant à ce sujet, de comparer la différenciation des couleurs par l'œil et par un système de télévision. La différenciation visuelle des couleurs dépend d'abord de l'existence dans la rétine de récepteurs ayant des courbes de sensibilité différentes et, ensuite du fonctionnement des processus qui dans le cerveau donnent naissance, suivant le signal reçu, à la sensation d'un rouge, d'un bleu, d'un vert, etc. Si l'une ou l'autre de ces deux fonctions est atteinte, les couleurs seront moins bien différenciées et l'observateur présentera les symptômes d'une vision défectueuse des couleurs. L'entrecroisement des voies nerveuses entre la rétine et le cerveau réduit la capacité de différenciation du système visuel. Les fluctuations aléatoires de l'intensité physique des stimuli ou de la sensibilité des récepteurs rétiniens ainsi que les décharges spontanées des processus nerveux diminuent de même la faculté d'un observateur de déceler de légères différences de couleur.

De manière très analogue, dans un système de télévision en couleurs, la différenciation des couleurs est due, en premier lieu, au fait que les courbes de sensibilité spectrale des trois photocathodes de la caméra sont distinctes, et en second lieu, au fait que ces signaux sont utilisés dans le récepteur pour moduler les intensités de stimuli rouge, vert et bleu. Plus les courbes de sensibilité des photocathodes seront proches les unes des autres, plus faible sera le pouvoir de différenciation du système ; de même, plus les trois primaires rouge, vert et bleu du récepteur seront désaturés, plus indiscernable sera le changement de couleur pour un certain pourcentage de variation du signal. Une diminution du pouvoir de différenciation peut également résulter d'une « diaphonie » éventuelle d'un canal de couleur sur un autre. Le « bruit » des circuits de télévision, les fluctuations de la sensibilité de la caméra et le manque d'uniformité des stimuli rouge, vert et bleu du récepteur contribuent a la réduction de la capacité de différenciation du système.

On estime que, dans les meilleures conditions, l'œil peut distinguer jusqu'à 10 000 000 de couleurs différentes. Si ce chiffre était admis, la quantité d'information à transmettre serait telle qu'il faudrait utiliser un canal à très grande capacité. Mais toutes ces couleurs n'ont pas à être transmises pendant un balayage d'image ! Si nous prenons comme objectif une capacité de différenciation dix fois plus faible que celle de l'œil, cela signifiera encore que dans la région proche du blanc, des différences de $\pm$ 0,005 des coordonnées trichromatiques x ou y doivent être visibles sur le récepteur. Il serait très intéressant de savoir avec quelle approximation les systèmes présentés dans cette salle atteignent ces chiffres limites.

Une bonne reproduction des dégradés de lumière et de couleur ne nécessite pas seulement une résolution adéquate des couleurs mais aussi une représentation correcte des changements progressifs de la couleur. La condition requise pour une image en noir et blanc est bien connue, elle a trait au gamma du dispositif et une condition très semblable doit certainement être nécessaire qui définirait les variations de teinte et de saturation d'une image en couleurs. Les ingénieurs de télévision ont ils ressenti le besoin d'étudier cette caractéristique du système ? J'ai proposé, il y a quelques années, l'emploi d'un gamma de pureté (8) mais je n'ai pas entendu dire que cette notion ait été jugée utile. En guise de conclusion, je proposerais aux ingénieurs de télévision qui désirent améliorer leur système de se soucier de la « contexture des surfaces ». Un système de télévision est-il capable de reproduire le velouté d'une pêche, le brillant d'un satin, la richesse d'un velours, une goutte de rosée sur une pelouse, les reflets d'une route glissante, les rugosités de l'écorce d'un arbre, les rides d'une vieille dame et la peau carressante d'une jeune fille ? S'il en est ainsi,ce système a de grandes chances de recevoir une approbation sans réserve de la part des téléspectateurs.

Défauts divers.

Les ingénieurs de télévision ne connaissent que trop bien tous les défauts accidentels qui peuvent compromettre gravement la qualité d'une image par ailleurs satisfaisante que ce soit le flicker, le grain du tube, les scintillations, les effets de moirage, les franges de couleurs, le glissement des lignes, le tremblotement et les instabilités de l'image et de la couleur.

Selon le tempérament de chacun et le degré d'attention accordé au programme, ces défauts agaçants s'imposent plus ou moins au téléspectateur. Ils ont toutefois tendance à révéler le caractère artificiel de la reproduction et par là même, à détruire le réalisme. Aussi l'attention des services techniques est-elle souvent attirée sur eux. Les exigences économiques et concurrentielles ont plus de poids que celles de l'optique physiologique et nous pouvons être sûrs que tout a été mis en œuvre pour corriger ces défauts.

Il peut cependant être utile, comme cela a été mis en lumière si nettement par GIBSON (9), de souligner l'influence de toute mire ou structure sur l'impression de relief d'une reproduction. Une impression très significative de relief est procurée par ces indices monoculaires que sont la perspective, les effets de cache, la parallaxe du mouvement, la variation de contexture, les zones d'ombres et de lumière, etc... mais en l'absence de tout indice binoculaire, leur effet peut être entièrement supprimé par la vision de la contexture de l'écran. De plus, il est moins facile pour le spectateur de projeter en imagination la scène dans un stade de football, dans un court de tennis ou en un quelconque endroit si les angles sous lesquels il voit les objets ne favorisent pas cette attitude mentale.

Si ces défauts peuvent parfois détériorer l'image, il ne semble pas par contre qu'ils puissent apporter une grande gêne au téléspectateur. La sensation de fatigue des yeux, que l'on éprouve parfois, est très

probablement due à la fixation prolongée par l'œil d'une surface relativement petite. Le flicker peut aussi y contribuer. La fréquence normale de 50 ou 60 trames par seconde est malheureusement proche de la fréquence critique du flicker, spécialement pour un œil adapté à la lumière. Il ne faut pas oublier également que parmi le vaste public de la télévision, certains spectateurs sont anormalement sensibles au flicker. Les expériences de laboratoire sur le flicker n'ont porté naturellement que sur un pourcentage très faible de la population et il serait intéressant de posséder des statistiques valables sur les spectateurs gênés par le flicker. Il ne peut être question de réduire la fréquence de trames, mais d'un autre côté l'augmentation de la largeur de bande qui résulterait d'une élévation de la fréquence de trames ferait sans doute froncer les sourcils aux ingénieurs de télévision.

Sujets à débattre.

Mon souci essentiel dans la rédaction de cet article a été de promouvoir la discussion et il peut être utile de résumer ici les points sur lesquels les avis sont les plus partagés.

1° La décision de la C.I.E. sur les données relatives à l'égalisation des couleurs et la conclusion d'après laquelle les données relatives à un champ de 2° peuvent être considérées en télévision comme s'appliquant aux problèmes du mélange des couleurs.

2° La relation entre les droites de confusion de la tritanopie et la direction des axes I et Q.

3° La colorimétrie et la reproduction subjective de la couleur ; une méthode de mesure normalisée de la couleur subjective est-elle nécessaire ?

4° La finesse d'une image en couleurs.

5° La notion et la spécification de la résolution des couleurs.

6° La définition des gradations de couleur à l'aide par exemple du gamma de pureté.

7° Mon idée fixe d'une contexture de surface.

8° L'effet de suppression du relief dû aux mires parasites.

9° La sensibilité anormale au flicker.

Dans un congrès consacre au problèmes physiques de la télévision en couleurs, un article sur l'optique physiologique peut faire figure d'intrus, peut-être même d'intrus cynique. Toutefois, dans toute analyse d'un système de télévision, l'œil et le cerveau sont les maillons essentiels de la chaîne aussi longtemps qu'ils n'ont pas complétement succombé aux artifices de l'expert en télécommunication. En fait le succès final de l'art de la télévision en couleurs réside dans le fait qu'elle puisse demeurer un art et en ce domaine les problèmes sont encore moins susceptibles d'analyse que ceux de la vision. Je voudrais ajouter pour terminer un autre sujet de discussion à savoir :

10° La théorie des communications s'applique-t-elle à l'appréciation par l'œil d'une image de télévision en couleurs ?

BIBLIOGRAPHIE

[1] A. C. Hardy and F. L. Wurzburg. *J. Opt. Soc. Am.*, 1937, 27, p. 227.
R. M. Evans, W. T. Hanson and W. L. Brewer. Principles of Color Photography, *(Wiley, New York ; Chapman and Hall, London)*, 1953.
W. D. Wright. The Measurement of Colour, *(Hilger and Watts, London)*, 1944.

[2] D. G. Fink. Color Television Standards, *(McGraw Hill, New York)*, 1955.

[3] W. N. Sproson. *The B. B. C. Quarterly*, 1953, 8, p. 176.

[4] R. W. Burnham, R. M. Evans and S. M. Newhall. *J. Opt. Soc. Am.*, 1953, 53, p. 899.

[5] W. D. Wright. *Compte Rendu C. I. E.*, 1951, 2, Paper G.

[6] M. Luckiesh and F. K. Moss. « Reading as a Visual Task » *(Van Nostrand, New York)*, 1942.
T. Vickerstaff and C. S. Woolvin. *J. Oil and Colour Chem. Ass.*, 1944, 27, p. 293.

[7] D. G. Fink. « Color Television Standards », *(McGraw Hill, New York)*, 1955, Chap. 3.

[8] W. D. Wright. *J. Brit. Kinematograph Soc.*, 1948, 13, p. 1.

[9] J. J. Gibson. The Perception of the Visual World, *(Houghton Mifflin, New York)*, 1950.

LIMITATIONS QUANTIQUES DANS LA VISION ET LA TÉLÉVISION*

PAR

Albert ROSE

Laboratoires R.C.A., Zurich (Suisse)

Il n'est pas rare de trouver des caméras de télévision qui enregistrent des scènes de quelques pied-lamberts seulement alors que l'on voit une image reproduite sur le récepteur de télévision de presque une centaine de pied-lamberts. Le système de télévision se comporte dans ces conditions comme un amplificateur de lumière. Si la même amplification pouvait être obtenue directement sur la rétine d'un observateur de la scène, il est probable que l'observateur considérerait l'image comme étant de basse qualité et insupportablement bruitée. Le système de télévision évite cette conclusion en sacrifiant un peu de la profondeur de foyer qu'aurait un observateur de la scène au profit d'un rapport signal sur bruit amélioré — c'est que la caméra de télévision utilise une ouverture de pupille considérablement plus grande que celle de l'œil humain. Puisqu'une fonction majeure d'une caméra de télévision est de reproduire ce qu'un observateur de la scène verrait normalement, on peut demander qu'elle s'adapte à la profondeur de foyer de l'observateur. Dans ces conditions, les limites fondamentales à la qualité d'image, imposées par la nature quantique de la lumière, deviennent significatives.

Les études des récents tubes de caméra de télévision ont montré une convergence remarquable vers la reproduction de la sensibilité et de la compacité de l'œil humain. L'Image Orthicon [1], le Vidicon d'un pouce [2] et maintenant le Vidicon d'un demi-pouce se sont succédés en l'espace de dix ans seulement. Dans le cas du Vidicon d'un demi-pouce, la surface sensible du tube est déjà presque de la même dimension que la surface sensible de la rétine humaine sur laquelle sera vue l'image finale. Il est, dès lors, significatif d'étudier la qualité d'image que ces deux dispositifs peuvent transmettre, lorsque cette qualité est limitée par la nature quantique de la lumière qui tombe sur eux.

Il est évident que le nombre de photons (quanta de lumière) qui pénètrent dans l'œil humain ou dans l'objectif d'une caméra pendant une pose est fini. De même la finesse de définition, transportée par ces photons, est également finie. D'autre part, on n'est pas du tout conscient d'une telle borne dans l'expérience visuelle de tous les jours. Il est vrai que nous voyons normalement une quantité limitée de détails lorsque nous regardons une scène. Mais nous sentons normalement que cette limitation est purement géométrique, qu'un objectif mieux corrigé ou une structure de rétine plus fine nous permettrait de voir encore plus. Ce dont nous ne sommes pas normalement conscients, c'est la granulation fondamentale de notre image visuelle, engendrée par les fluctuations dans le nombre des photons pénétrant dans notre œil. Une analyse attentive est nécessaire pour montrer que sa limitation détermine vraiment étroitement ce que nous sommes capables de voir aux éclairements de quelques pied-lamberts et en dessous. En même temps, une raison est nécessaire pour comprendre pourquoi cette granulation n'est pas plus prononcée dans notre expérience visuelle. L'analyse porte autant sur le mécanisme de la vision humaine que sur chacun des remplaçants électriques ou chimiques de l'œil humain. Ceci va de soi puisque la granulation ou « bruit » est dans le signal d'entrée et n'est pas engendrée par le dispositif particulier. Un exemple va mettre en évidence la limitation de qualité d'image causée par la nature quantique de la lumière. Cherchons quelle est l'information maximum que l'on peut transmettre à l'œil humain pour un éclairement de scène d'un pied-lambert (= un millilambert). Pour cela cherchons combien de photons frappent un élément rétinien d'un micron de côté pendant une pose de l'œil. Un tel élément est tout près de la limite de résolution donnée par la structure de cônes et de bâtonnets de la rétine. Le calcul est immédiat et utilise les paramètres suivants : nombre de photons par seconde par cm² émis par la scène = 10^{13} ; diamètre de la pupille = 0,6 cm ; damètre apparent d'un élément d'un micron pouri la pupille de

* Texte traduit de l'anglais.

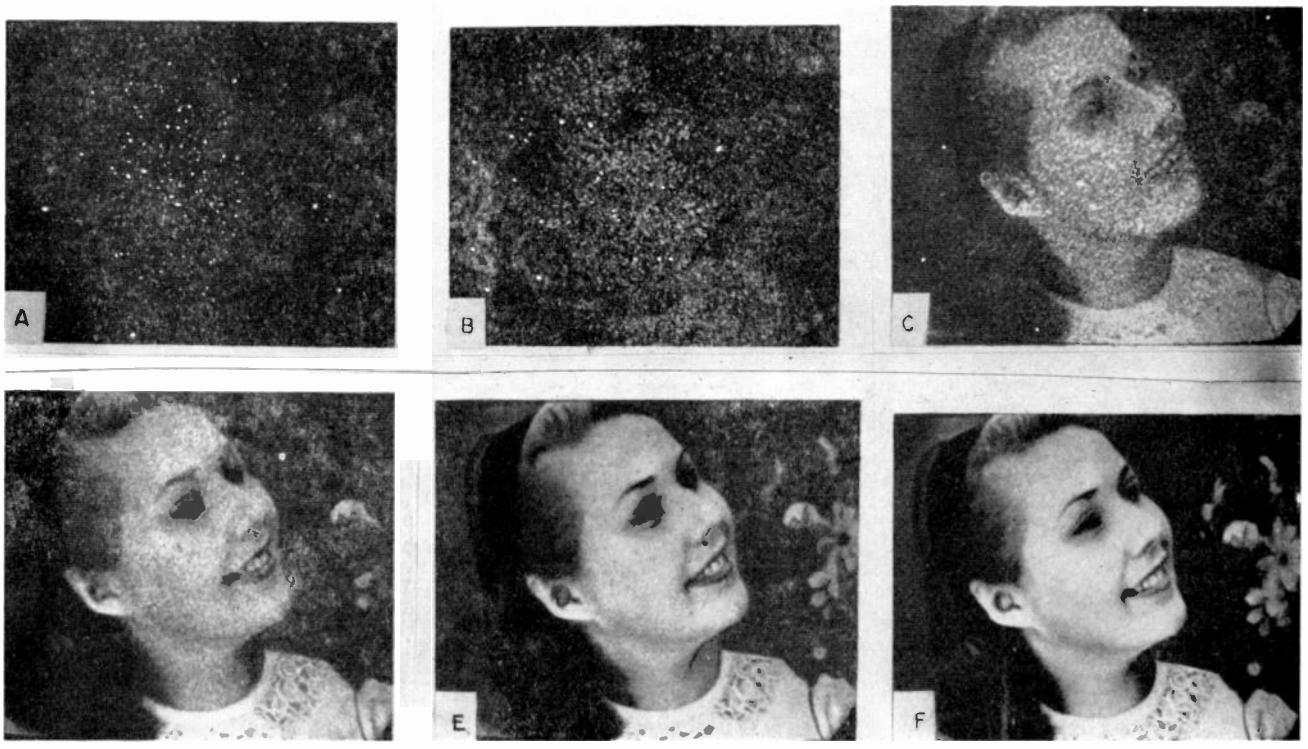
l'œil = 2 minutes d'arc ; pose ou temps d'accumulation de l'œil = 0,2 seconde ; transparence de la pupille et des éléments associés de l'œil : 50 %. Le résultat est qu'environ 10^4 photons frappent l'élément de rétine pendant une pose.

Au premier abord, il pourrait sembler que 10^4 photons par élément d'image est un nombre confortable et qu'il ne ne limiterait pas notre information visuelle. L'opinion la plus naïve est de dire que 10^4 photons nous permettrait de distinguer le même nombre d'échelons de demi-teinte dans la scène.

Ceci serait bien vrai si les photons arrivaient de façon uniforme. Nous pourrions alors distinguer deux éléments d'image voisins, l'un recevant 10^4 photons et l'autre « 10^4 moins 1 » pendant une pose. Mais les photons n'arrivent pas uniformément. Leurs temps d'arrivée sont répartis au hasard. Cette répartition engendre une granulation ou « bruit » qui réduit notablement la perception des demi-teintes par l'œil.

Il est bien connu qu'à un nombre moyen N d'événements répartis au hasard correspond une fluctuation quadratique de $N^{1/2}$. Ainsi, si un élément d'image donné reçoit 10^4 photons, un élément voisin peut recevoir $10^4 \pm 100$ photons même si la scène originale est éclairée uniformément. Les 10^4 photons constituent le signal ; la fluctuation (10^2 photons) le bruit. Le rapport signal/bruit est donc 10^2 dans cet exemple. Il est naturel de prendre ce rapport signal/bruit comme mesure du plus petit échelon de demi-teinte discernable. Ainsi, s'il y a déjà des différences dues au hasard de 100 photons dans le nombre de photons tombant sur des éléments d'image voisins, même quand on regarde une scène uniformément éclairee, il est à prévoir qu'une différence réelle d'éclairement dans la scène primitive ne sera détectée que si la différence dans le nombre *moyen* des photons tombant sur des éléments voisins dépasse 100. Si on prend 100 photons comme mesure du plus petit échelon de demi-teinte discernable, on remarque que la répartition au hasard de l'intensité du flot de photons a réduit le nombre d'échelons de demi-teintes discernables de 10^4 pour les photons non répartis au hasard à 10^2 pour les photons répartis au hasard. Mais ce n'est pas encore tout.

On peut résumer le calcul précédent en disant que l'on admettra qu'une différence reelle entre le nombre moyen de photons tombant sur des éléments voisins est détectable si cette différence est au moins égale aux différences statistiques dues au hasard. Si cette différence réelle est le signal, nous dirons que le rapport signal/bruit unité est détectable. Alors que c'est là une hypothèse raisonnable mathématiquement, c'est une approximation médiocre des statistiques de la vision réelle. Par des mesures directes [4] du seuil de rapport signal/bruit, on a trouvé une valeur très voisine de 5 au lieu de l'unité. D'autres chercheurs [5] ont depuis situé le seuil de rapport signal/bruit vers 4. Le résultat final est donc



Ces séries de vues ont été prises au moyen d'un dispositif à balayage par spot de lumière ayant approximativement les mêmes sensibilité et ouverture que l'œil humain et ont été photographiées à partir d'un écran de brillance normalement élevée. Les éclairements de la scène d'origine en pied-lamberts étaient

A : 10^{-6} B : 4×10^{-5} C : 3×10^{-5} D : $2{,}5 \times 10^{-4}$
E : $1{,}2 \times 10^{-3}$ et F : $9{,}5 \times 10^{-3}$

La limitation de qualité de l'image par le bruit de photons est évidente.

que 10^4 photons tombant sur chaque micron carré de notre rétine ne permettent de détecter des différences réelles d'éclairement de la scène primitive que si elles dépassent 4 ou 5 % de l'éclairement moyen. Cette conclusion est valable pour un éclairement moyen de scène d'un pied lambert et des éléments d'image vus par l'œil sous un diamètre apparent de 2 minutes d'arc. Ces derniers correspondent bien aux éléments d'image dans les systèmes courants de télévision vus à la distance conventionnelle de 4 fois la hauteur de l'écran.

Nous venons de voir que l'œil parfait - celui qui tire parti de chaque photon incident — peut à peine percevoir un contraste de 5 % pour un pied-lambert et des détails vus sous un diamètre apparent de 2 minutes d'arc. Les données sur la perception visuelle des yeux « réels » montrent qu'on peut percevoir un contraste de 15 % dans ces conditions. Nos performances visuelles réelles sont donc remarquablement proches de la perfection ; on peut les exprimer en termes de fluctuations statistiques dans le flot incident de photons, en supposant qu'un photon sur dix seulement contribue finalement au mécanisme de la vision. Les estimations sur l'absorption de la lumière par les matériaux sensibles de la rétine se situent également au voisinage de 10 pour cent [7].

S'il est vrai que nos performances visuelles sont limitées par les fluctuations ou bruit dans le flot de photons, il doit être également vrai que les mécanismes d'amplification de notre système visuel doivent être ajustés de façon que ce bruit soit juste au seuil de visibilité. Si l'amplification était inférieure nous ne serions pas capable de voir à la limite du bruit. Si l'amplification était supérieure nous nous plaindrions que nos images visuelles soient bruitées. Ces mécanismes d'amplification doivent être réajustés pour chaque niveau d'éclairement. La constante de temps de ces ajustements a été considérée [4] comme très responsable des données sur « l'adaptation à l'obscurité » de la vision.

Une conclusion de cette analyse est que si la caméra de télévision doit s'adapter à la profondeur de foyer d'un observateur humain et doit fournir une image exempte de bruit au récepteur de télévision, le rapport de la brillance de la scène à la brillance du récepteur doit être égal ou supérieur au rapport de l'efficacité quantique du tube de prise de vue à celle de l'œil humain. Les tubes actuels ont à peu près la même efficacité quantique que l'œil humain. Cela signifie que la brillance de la scène doit être comparable à celle du récepteur de télévision. Au mieux, l'efficacité quantique des tubes de prise de vue peut dépasser celle de l'œil humain d'un facteur dix seulement — ce qui permet une brillance de scène dix fois plus faible que celle du récepteur.

La série de vues de la figure 1 montre ce qui se passe quand une caméra de télévision, de même profondeur de foyer et de même efficacité quantique que l'œil humain, prend une vue d'une scène à faible brillance et restitue une image de brillance normale. La présence du bruit et même la visibilité des photons individuels est clairement évidente. Le dispositif de caméra [4] était à balayage par spot lumineux ajusté pour avoir la même ouverture et la même sensibilité que l'œil humain. La brillance de la scène primitive est indiquée pour chaque vue de la série. Alors que la qualité d'image pour l'extrémité à haut éclairement de la série peut sembler passable sur ces reproductions, les limitations de bruit quantique était encore clairement visibles sur les photographies d'origine. On voit ici aussi une raison majeure pour que la vision des couleurs se réduise à une vision monochrome pour les faibles éclairements. Les différences de couleur sont estompées par le bruit fondamental du flot de photons.

[1] A. Rose, P.K. Weimer and H.B. Law, *Proc. I.R.E.* 34, 424, (1946).

[2] P.K. Weimer, S.V. Forque and R.R. Goodrich, *RCA Rev.* 12, 306, (1951).

[3] A.D. Cope, *RCA Rev.* 17, 460, (1956).

[4] A. Rose, *J. Opt. Soc. Am.* 38, 196, (1948). *Advances in Biological and Medical Physics.* Academic Press, Vol. V, (1957).

[5] J. Tol, W.J. Oosterkamp and J. Proper, *Philips Res. Rep.* 10, 10, 141, (1955).

[6] H.R. Blackwell, *J. Opt. Soc. Am.* 36, 624, (1946).

[7] H.J. Dartnall and C.F. Goodeve, *Nature* 39, 409, (1937).

Autres communications de la Section non publiées ici :

THÉORIE ÉNERGÉTIQUE DU POUVOIR SÉPARATEUR.

Prof. V. Ronchi, *Istituto Nazionale Di Ottica Arcetri–Firenze (Italie).*

LA PERCEPTION DES DÉTAILS D'UN OBJET EN MOUVEMENT.

G. van den Brink, *Instituut voor Zintuigfysiologie R.V.O. — T.N.O., Soesterberg (Pays-Bas).*

QUELQUES MESURES CONCERNANT LA FRÉQUENCE DE FUSION DES COULEURS.

P.L. Walraven, H.J. Leebeek et M.A. Bouman, *Instituut voor Zintuigfysiologie R.V.D. T.N.O., Soesterberg (Pays-Bas).*

RÔLE ET FACTEURS DE LA SATURATION DANS LES PERCEPTIONS CHROMATIQUES.

H. Piéron, *Centre National de la Recherche Scientifique, Groupe de recherches de physiologie des sensations, Paris.*

PERCEPTION DES COULEURS DANS LES IMAGES PROJETÉES ET TÉLÉVISÉES.

D.L. MacAdam, *Eastman Kodak Company, Rochester (U.S.A.).*

VISIBILITÉ DES STRUCTURES RÉCURRENTES DANS LES SYSTÈMES DE TÉLÉVISION A ANALYSE ENTRELACÉE.

G.A. Boutry et P. Billard, *Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée, Paris.*

EFFET DE CONTRASTE DANS LA VISION D'UN CHAMP AVEC UN BORD FLOU FIXE OU MOBILE.

Adriana Fiorentini, *Istituto Nazionale Di Ottica, Arcetri - Firenze (Italie).*

EFFETS VISUELS SUBJECTIFS RÉSULTANT DES TOLÉRANCES ADMISES POUR UN RÉCEPTEUR DE TÉLÉVISION EN COULEURS N.T.S.C.

P. S. Carnt, *B. Sc., A.M.I.E.E.*, et G. B. Townsend, *B. Sc., F. inst. P., A.M.I.E.E., Research Laboratories, the General Electric Co LTD, Wembley (Grande-Bretagne).*

LE CHOIX DES AXES DE CHROMINANCE POUR LA TÉLÉVISION EN COULEURS

K. Hacking, *B. Sc.* (Communication présentée par W. N. Sproson, *M.A.*) *Research Department, Engineering Division, British Broadcasting Corporation, Tadworth (Grande Bretagne).*

ÉTUDE DES EFFETS SUBJECTIFS PRODUITS PAR DES DIFFÉRENCES ENTRE LES CARACTÉRISTIQUES DE TRANSFERT DES VOIES ROUGE, VERTE ET BLEUE DANS UN SYSTÈME DE TÉLÉVISION EN COULEURS.

T. Jacobs et R.N. Jackson, *Mullard Research Laboratories, Salfords (Grande-Bretagne).*

LE CHOIX DES SIGNAUX DE CHROMINANCE DANS LE SYSTÈME N.T.S.C. EN TENANT COMPTE DE LA VARIATION DE SENSIBILITÉ DE L'ŒIL HUMAIN SELON LES COULEURS.

F. W. de Vrijer, *Philips Research Laboratories N.V. Philips' gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Pays-Bas).*

SECTION II

PRISE DE VUES ET RESTITUTION DE L'IMAGE

On trouvera ci-après, le texte des deux conférences de synthèse consacrées, l'une aux tubes analyseurs d'image, par M. le Professeur Dr F. Schröter, l'autre aux tubes reproducteurs d'image, par M. le Dr Ch. J. Hirsch, puis le résumé de la conférence de MM. les Drs H.A. Klasens et A. Bril, consacrée aux phosphores utilisés pour la télévision en couleurs, et enfin le titre des douze communications présentées dans cette section.

ETUDE COMPARATIVE DES PROPRIÉTÉS DES TUBES ÉLECTRONIQUES UTILISÉS COMME ANALYSEURS D'IMAGES EN TÉLÉVISION EN COULEURS

PAR

Le Professeur Docteur Fritz SCHRÖTER

Telefunken - Forschungsinstitut
Ulm/Do (République Fédérale d'Allemagne).

Une des exigences les plus rigoureuses de la Télévision en couleurs est de conserver la définition que donne l'image incolore du même nombre de lignes. Cela veut dire que le « point-image » déterminé par l'acuité de la vision doit se limiter aux mêmes dimensions, malgré la nécessité de lui ajouter une information additionnelle, à savoir la *chrominance*.

Dans les systèmes simultanés on subdivise le point-image, correspondant au standard adopté, en 2 ou 3 parties afin de pouvoir adjoindre à chacune de ces superficies minimes une des 2 ou 3 couleurs choisies comme bases, avec l'intensité donnée par l'original. Grâce à la limitation de l'acuité visuelle, ces 2 ou 3 sensations lumineuses se confondent dans l'œil et il en résulte la couleur mixte voulue. Cette technique s'est montrée viable pour les kinescopes bi- ou trichromes à grand écran — d'un diamètre de 40 à 50 cm — permettant des points-image *macroscopiques*, de superficie compatible avec la précision nécessaire dans le procédé d'impression utilisé pour fabriquer la mosaïque des phosphores lumineux. Mais là aussi, on se trouve déjà près des limites du possible : et pour les fabricants intéressés le seul motif de continuer la recherche sur cette voie pourrait être, d'une part, le manque d'une méthode plus simple et économique, et d'autre part, le fait qu'il s'agit, en cas de réussite, d'une production en série, avec la chance d'un chiffre d'affaires imposant. Néanmoins plus d'une grande compagnie a renoncé après des efforts obstinés, mais restés sans résultat praticable.

Par contre, dans les tubes de caméra, les tubes analyseurs, un tel motif n'existe pas, et le problème de réaliser une mosaïque ou trame colorée correspondante, constituée cette fois de bandes ou îlots filtrants optiques, se heurte de façon prohibitive aux difficultés que nous opposent les dimensions *microscopiques* des superficies élémentaires associées aux différentes couleurs. La cause pratique de ces difficultés est, avant tout, la nécessité d'utiliser des objectifs de caméra, cinématographiques ou pareils, pour obtenir un appareil maniable et pas trop coûteux.

Malgré cela il n'est pas rare de trouver — au moins dans des spécifications de brevet — des projets de tubes analyseurs suivant le schéma de la fig. 1 représentant un tube du genre « Vidicon ».

Nous y voyons un dispositif analogue au kinescope issu du laboratoire Philco, aux U.S.A. L'écran lumineux de ce kinescope se compose d'un grand nombre de lames minces de phosphores orientées perpendiculairement aux lignes balayées et de couleurs d'émission alternant cycliquement entre les 3 composantes. Nous retrouvons le schéma correspondant dans le tube analyseur de la Fig. 1, où les phosphores sont

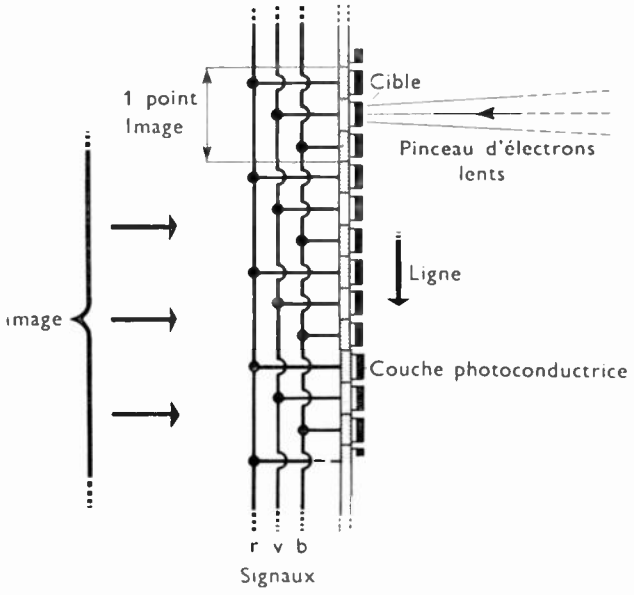


FIG. 1. — Cible d'un Vidicon pour la T. V. en couleurs ; tube trichrome.

remplacés par des lames filtrantes ne laissant passer alternativement qu'une des trois bandes spectrales de lumière choisies comme bases. L'électrode de signal transparente et la couche photosensible semiconductrice sont subdivisées suivant le schéma de la figure, de manière à former 3 trames entrelacées, toutes les lames conductrices associées à la même couleur étant connectées entre elles et avec la même borne de sortie. Il y a donc 3 sorties, pour les signaux rouges, verts et bleus respectivement. De préférence, les lames sont orientées dans la direction de la diagonale de l'image. Un tel tube a été étudié au laboratoire de la R.C.A. afin de réaliser une caméra à un seul tube, opérant avec un seul faisceau d'électrons ; mais la définition ainsi obtenue s'est montrée insuffisante à cause du nombre restreint des lames de chaque sorte qui n'était que 290. Il n'y avait donc que 290 points-image colorés par ligne, résultat insatisfaisant malgré les dimensions agrandies que l'on avait admises pour la cible de ce tube expérimental.

La fig. 2 montre une modification du tube suivant la fig. 1. Il s'agit cette fois d'un tube genre Orthicon, muni de 3 multiplicateurs d'électrons, selon une idée de M.P.K. WEIMER de la R.C.A. Nous y voyons, convenablement grossie, une minime section de la cible photoélectrique balayée par le pinceau d'électrons lents. Sur sa face opposée on a appliqué des filtres de couleur, comme le montre la figure. Les raies éclairées en rouge et en bleu sont inclinées par rapport à l'axe pour effectuer une séparation de faisceaux de retour qui se dirigent alors vers les multiplicateurs qui leur correspondent. Dispositif ingénieux mais resté sans succès à cause des difficultés de réalisation trop nombreuses.

En somme, nous pouvons conclure de ces faits que le tube analyseur idéal, avec un seul faisceau d'électrons, et capable de débiter directement en « dot sequential » sur un système de transmission simultanée, n'est pas encore sorti du stade de laboratoire ni même des spéculations. Malgré cela, il ne faut pas sous-estimer la grande importance qu'un tel tube gagnera probablement dans l'avenir. Nous y reviendrons plus tard. Passons d'abord à la pratique et examinons les moyens techniques d'aujourd'hui, aptes également à débiter un signal de chrominance compatible avec les conditions de réception en noir et blanc.

Nous allons donc parler, dans ce qui suit, de deux procédés adoptés , à savoir :

1° analyse des 3 sélections de la couleur effectuée par 3 unités de tube indépendantes, comprenant les moyens de décomposition spectrale préalable, et

2° intervention d'un système de mémoire pour transformer le résultat d'une analyse séquentielle effectuée au moyen d'un seul tube en un ensemble de 3 signaux de chrominance simultanés. (Principe du « Chromacoder »).

D'une manière générale et indépendamment de la nature électronique du tube, il est indispensable que sa couche photoélectrique donne une réponse spectrale suffisante dans les trois (ou deux) bandes

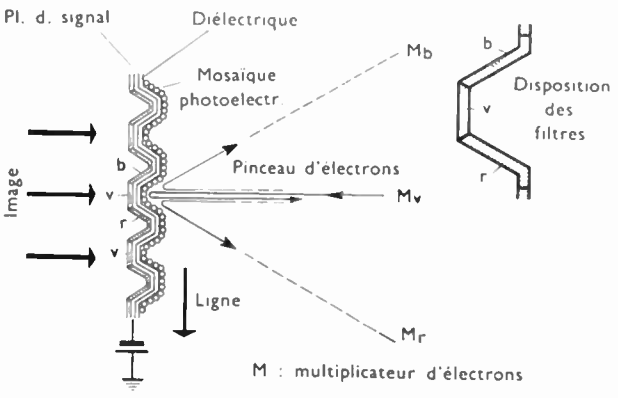


FIG. 2. — Orthicon pour TV en couleurs, à mosaïque directive

passantes des filtres optiques utilisés. Cela est vrai pour les deux modes d'utilisation indiqués, et non moins pour la transmission de films ou diapositives en couleurs que pour la prise de vues directe.

Les tubes analyseurs propres à suffire aux besoins de la transmission de toute la gamme de couleurs naturelles sont l'Image-Orthicon, le C.P.S.-Orthicon et le Vidicon. Mettons à part, pour le moment, le

tube « flying spot » (spot mobile). L'Image-Iconoscope », ou « Supericonoscope », toujours intéressant pour la télévision en noir et blanc à cause de son bon rendement et son gamma favorable, de ~0,6, qui compense très bien le gamma du tube de reproduction (~ 2,2), n'entre guère en considération pour la couleur, vu sa forme défavorable qui gêne le constructeur de caméra. Il serait en effet très difficile, à cause du col latéral du tube, d'en placer trois ensemble sans dépasser l'encombrement tolérable. De plus, la correction du signal parasite qui caractérise le Supericonoscope serait trop difficile dans le cas où il s'agirait d'ajuster 3 tubes à la fois. Nous allons donc commencer par une comparaison des 3 types d'analyseurs préférés en envisageant leurs propriétés physiques spécialement intéressantes pour la transmission de la couleur. Comme j'ai déjà dit, la réponse spectrale des couches photoélectriques utilisées dans ces tubes-là est de première importance.

Avant de passer à la comparaison des courbes en question rappelons-nous, très sommairement, les constructions respectives des tubes analyseurs à étudier. Nous les voyons représentés, en section axiale, dans les figures 3, 4, 5. L'élément commun à ces tubes est un pinceau explorateur d'électrons lents ($V_z \approx 0$) guidé et maintenu en focalisation par un champ magnétique long et coaxial. Mais ce qu'il y a de vraiment spécifique et distinct dans ces analyseurs, ce sont leurs cibles. Dans l'Image-Orthicon les photoélectrons émis de la cathode vont produire, par émission secondaire, un relief de charges positives sur la fameuse pellicule de verre, de quelques μ d'épaisseur et de conductibilité définie ; ce relief est neutralisé par la migration, à travers la pellicule, d'électrons lents déposés en quantité variable, selon la luminance locale de l'image par le pinceau explorateur qui balaye l'autre face de la pellicule. Le signal d'image consiste donc en la modulation du faisceau de retour multipliée par un système d'électrodes multiplicatrices qui entourent l'anode.

Dans l'Orthicon (CPS) l'image optique agit sur une photocathode mosaïque semblable à celle de l'Iconoscope ; l'émission de photoélectrons limitée par une sorte de grille placée devant la photocathode engendre le relief de charges exploré ensuite sur la mosaïque de la cible par le pinceau d'électrons lents qui restitue le potentiel initial. Le signal d'image est recueilli par la « plaque-signal », transparente pour l'image optique, et amplifié à l'extérieur du tube en utilisant la tension engendrée aux bornes d'une impédance par le courant capacitif.

Dans le Vidicon enfin, la cible consiste en une couche solide, semi-conductrice et photoconductrice formée, p.e., par le trisulfure d'antimoine, en évaporant cette matière sur une plaque-signal transparente. Pendant le fonctionnement du tube, on maintient sur cette électrode un potentiel suffisamment positif par rapport à la cathode du faisceau d'électrons lents. L'image, après avoir traversé l'électrode transparente, influe sur la résistance qui diminue en proportion de l'éclairement local. Par conséquent, le potentiel de la surface exposée au faisceau s'approche plus ou moins du potentiel positif de la plaque-signal, et le signal d'image n'est autre que le courant de neutralisation qui restitue au point d'impact le potentiel de la cathode dont il est issu. L'amplification du signal se fait à l'extérieur du tube, comme dans le cas de l'Orthicon-C.P.S.

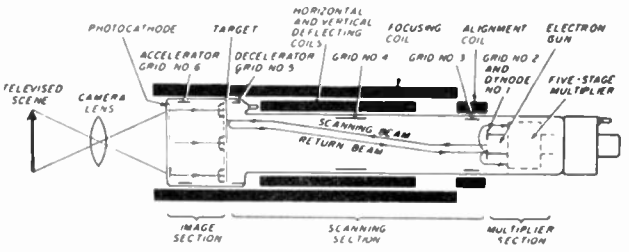


Fig. 3. — Schéma de l'Image-Orthicon (d'après D.G. Fink, Telev. Engng. Handbook, 1957).

En ce qui concerne le pouvoir accumulateur des trois classes comparées, les conditions primitives sont les mêmes. Le temps qui s'écoule entre deux passages successifs du faisceau sur le même point-image, peut, en principe être à 100 % utilisé pour

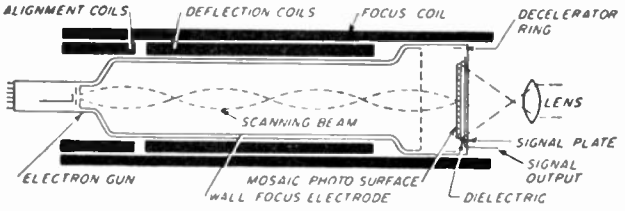


Fig. 4. — Schéma de l'Orthicon CPS (d'après D.G. Fink, Telev. Engng. Handbook, 1957).

l'intégration de l'effet photoélectrique. En vérité la performance de tous ces tubes est bien inférieure à 100% pour l'accumulation de l'action de la lumière, mais il est très difficile d'en évaluer le vrai rendement,

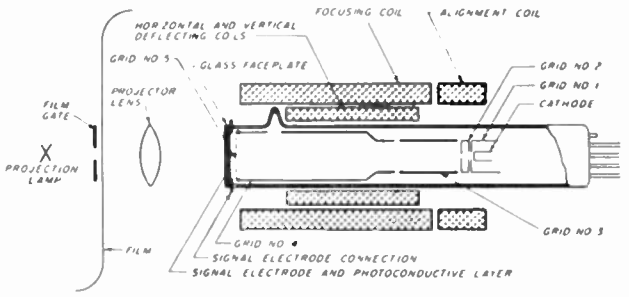


Fig. 5. — Schéma du Vidicon (d'après D.G. Fink, Telev. Engng. Handbook, 1957).

étant donnée l'intervention d'autres facteurs qui compliquent le calcul. Il faut, par conséquent, s'appuyer sur la mesure des microampères débités par

le tube sous l'incidence d'un flux de lumière choisi comme unité ; et cette méthode nous rendra service aussi dans le cas de la couleur en analysant le rendement photoélectrique ainsi défini en fonction de la longueur d'onde.

La fig. 6 représente, à titre de comparaison, les sensibilités photoélectriques primaires de trois couches émissives distinctes, utilisées dans les tubes

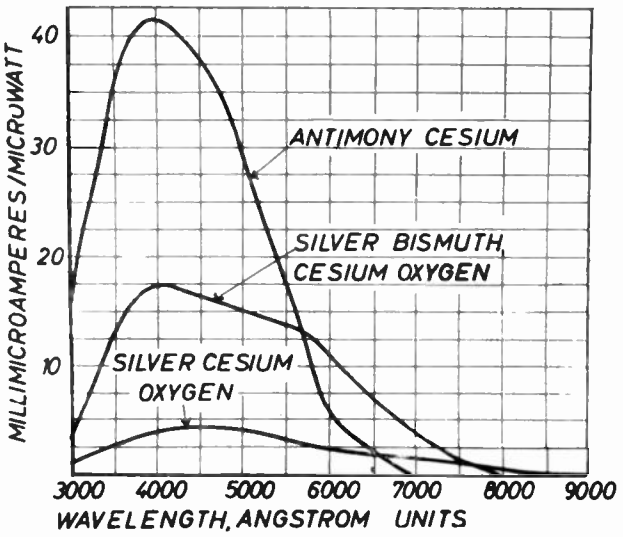


Fig. 6. — Comparaison de couches photoélectriques (d'après D.G. Fink, Telev. Engng. Handbook, 1957).

dont nous venons de parler. Pour éliminer l'émission sélective de la source de lumière employée, on a donné la sensibilité en 10^{-3} $\mu A/\mu W$. Vous voyez que le bismuth (Bi), ajouté à la couche classique Ag-OCs-Cs, a pour effet d'augmenter la sensibilité dans la partie rouge du spectre (en proportion de 7 : 3 à 6 500 UÅ et de 3 : 1 à 7 000 UÅ). Mais, malheureusement, cette extension de la réponse vers les ondes longues est accompagnée d'une diminution du rendement moyen. Cela signifie plus d'amplification, toute autre chose restant égale, et par conséquent plus de bruit mêlé au signal video. Dans la fig. 7, on a comparé directement, et sans tenir compte de la nature différente des effets photoélectriques extérieur et intérieur, les rendements respectifs de l'Image-Orthicon et du Vidicon, exprimés en 10^{-3} $\mu A/\mu W$. La « sensibilité relative » désigne l'excitation visuelle de l'œil humain effectuée par l'unité de puissance en watts. On voit que le Vidicon est supérieur en proportion de 27,5 : 17 à 4 500 UÅ, de 6 : 4,5 à 6 500 UÅ et de 1,8 : 1 à 7 000 UÅ, tandis que dans la partie verte du spectre le rendement est presque le même pour les deux types d'analyseur.

En ce qui concerne le rendement photoélectrique de l'Orthicon C.P.S., la difficulté de l'exprimer en 10^{-3} $\mu A/\mu W$ réside dans la structure de sa mosaïque formée d'îlots régulièrement distribués sur le diélectrique . On ne connaît pas le pourcentage de recouvrement de matière photosensible. Celle-ci étant de la même composition que celle représentée sur la fig. 6 (courbe pour l'alliage AgBiCsO), nous pouvons toutefois conclure qu'en principe l'Emitron C.P.S. est aussi bien utilisable pour la couleur que l'Image-Orthicon et le Vidicon, ce dernier restant légèrement supérieur à ses rivaux par sa sensibilité plus accusée dans la partie rouge du spectre. Peut-être un représentant de la E.M.I. serait-il à même de nous renseigner sur l'efficacité intégrale de ce tube dans la télévision en couleurs, et spécialement sur le rendement photoélectrique primaire de sa mosaïque dans les diverses parties du spectre. Il me paraît donc indiqué de continuer d'abord l'analyse comparative de l'Image-Orthicon et du Vidicon en ce qui concerne les autres paramètres intéressants. Mais là, n'oublions pas que nous allons comparer deux tubes essentiellement distincts. Il suffit de vous rappeler que l'Image-Orthicon dans sa forme spécialisée pour transmettre la couleur qui est celle du « close spaced type » (RCA 6474-1854) doit être utilisé dans un intervalle d'éclairement qui assure une relation linéaire entre la luminance et le courant de signal (gamma = 1). Le Vidicon, par contre, fonctionne, par sa nature, avec un γ moyen de 0,65. La correction de gamma, dans le but de compenser le $\gamma > 1$ du kinescope de reproduction, est donc, par principe, indispensable pour l'Image-Orthicon, mais non pour le Vidicon. Puis, l'Image-Orthicon se base sur l'émission d'électrons secondaires déclenchés sur la pellicule de verre par les photoélectrons libérés par l'image. Dans le Vidicon, par contre, il n'y a pas d'émission secondaire. Il est donc exempt des effets perturbateurs que produit la redistribution des électrons secondaires sur

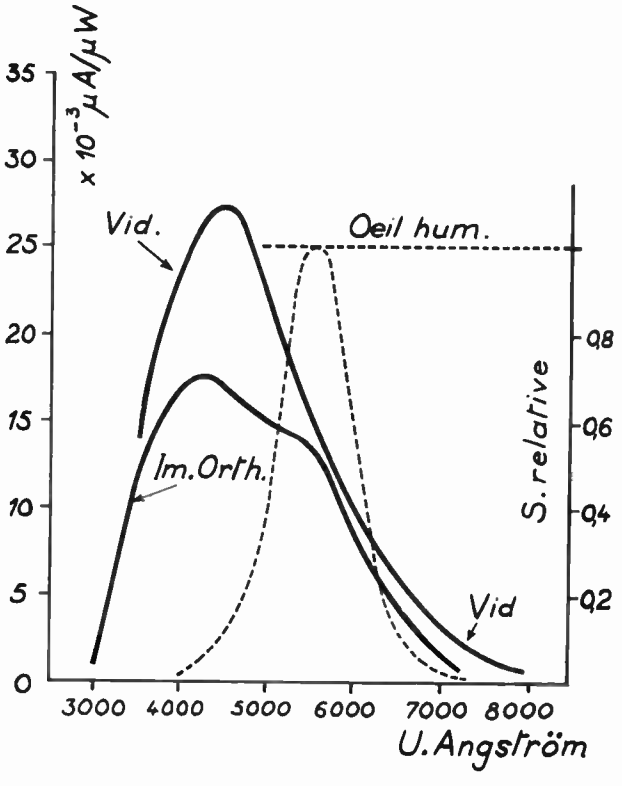


Fig. 7. — Courbes de réponse spectrale : Image Orthicon et Vidicon.

l'isolant dont ils sont issus. Cet effet de redistribution est, comme vous le savez, très marqué dans l'Image-Orthicon ; la zone noire qui risque d'entourer les parties brillamment éclairées en donne une preuve. La cause en est le retour partiel des électrons secondaires qui se produit au moment où le potentiel de l'isolant s'approche de celui du collecteur. Et, pour la transmission de la couleur, une redistribution d'électrons secondaires qui ne se limiterait pas aux points-image situés dans le voisinage immédiat du point de départ devrait nécessairement se répercuter dans la teinte résultante, car tout manque de signal résultant dans un canal de couleur par une telle redistribution se traduit par la prépondérance des composantes des deux autres canaux.

Pour éviter ce danger, on est obligé d'augmenter la différence de potentiel entre l'isolant et la grille placée en face de celui-ci et polarisée en sens positif. Dans l'Image-Orthicon 1854, on va jusqu'à + 4,5 volts. On obtient ainsi, en même temps, l'intervalle d'éclairement indispensable, mais, comme j'ai déjà dit, aux dépens d'une valeur de γ défavorable. D'autre part, la polarisation du collecteur poussée jusqu'à + 4,5 volts fait disparaître l'effet de relief dû au champ transversal régnant sur la cible de l'Image-Orthicon. Il y a alors moins de perte en définition, mis à part les cas où l'on voudrait faire ressortir les contours dans l'image par un effet de relief arbitrairement provoqué.

D'autres paramètres de la comparaison sont les suivants :

1. *Définition du niveau noir* :

Dans l'Image-Orthicon, le niveau noir est fixé par l'intensité maxima du faisceau d'électrons dirigé (par polarisation négative de la grille collectrice) dans le système multiplicateur. Cela correspond à la modulation zéro du faisceau. Le noir est donc défini par une amplitude de crête qui doit être maintenue constante. Dans le Vidicon, le blocage complet du faisceau reproduit exactement le noir dans l'image, c'est-à-dire le retour total de tous les électrons devant la cible. Pour l'électrode de signal, seule voie de transmission à l'extérieur du tube, la réaction est la même : manque total d'électrons incidents. En somme, il est préférable de définir le niveau noir, c'est-à-dire l'absence de lumière, par une valeur de zéro que par une valeur maxima. Le Vidicon est donc supérieur à l'Image-Orthicon .

2. *Rapport signal/bruit* (S/N) :

Dans l'Image-Orthicon, la polarité du signal video est négative ; le courant qui entre dans le multiplicateur diminue à mesure que le point-image balayé est plus lumineux. La conséquence en est que le bruit atteint son maximum relatif dans les parties les plus sombres de l'image, ce qui est un grave inconvénient. Dans le cas de transmission de la couleur où le canal rouge reçoit toujours un signal assez faible exigeant beaucoup d'amplification ultérieure, cet inconvénient se manifeste par le souffle fort saillant dans les parties rouges ou pourpres. Le Vidicon, par contre, donne un signal positif dans lequel le bruit dépend du courant thermique propre au semiconducteur, et nous savons qu'en réglant le courant video maximum à 0,35 μA, le pourcentage du bruit thermique devient imperceptible.

3. *Définition du détail* :

En principe, elle est pareille pour les deux tubes comparés, mais il faut se rendre compte du fait que la superficie occupée sur la couche photosensible du Vidicon est plus petite que celle sur la photocathode de l'Image-Orthicon. Le défaut le plus grave du Vidicon c'est la rémanence de la conductibilité induite par la lumière, phénomène de « mémoire » d'autant plus accusé que la sensibilité de la couche photoconductrice augmente.

Cette rémanence réside, d'une part, dans la nature du semiconducteur, et d'autre part, dans la capacité assez grande d'un élément de surface correspondant au point-image (allant jusqu'à 2 200 $\mu\mu$F). Cela veut dire que la constante de temps de la décharge de l'élément est excessive, de sorte qu'un seul balayage ne suffit pas pour la décharge complète. Il est facile de comprendre que le phénomène de mémoire du Vidicon doit comporter non seulement une perte en définition mais aussi, dans le cas de la couleur, des distorsions temporaires des couleurs à transmettre. Cet inconvénient n'existe pas dans l'Image-Orthicon, si nous évitons l'effet de halo déjà mentionné, en polarisant proprement la grille collectrice.

4. *Sensibilité* :

Grâce à deux effets amplificateurs intérieurs (dont on n'a pas tenu compte dans la Fig. 7), l'Image-Orthicon est, jusqu'à nos jours, resté l'analyseur le plus sensible à la lumière, pourvu que celle-ci ait une composition plus ou moins proche du point blanc dans le triangle des couleurs. Il est alors normal d'admettre comme suffisants pour débiter aux bornes du tube un courant de 0,1 μA, les flux de lumière indiqués ci-après :

dans l'Image-Orthicon : 0,4 mlm (millilumen)

dans le Vidicon : 1,5 mlm

dans l'Orthicon C.P.S. : 6 mlm

à condition que dans le Vidicon la plaque de signal soit fortement positive par rapport à la cathode (+ 40 volts). Il s'ensuit que l'Image-Orthicon reste supérieur pour la lumière blanche, mais considérant que la cible du Vidicon possède, suivant la Fig. 7, une sensibilité nettement meilleure dans la partie rouge du spectre, la différence des performances respectives, lorsqu'il s'agit du canal rouge, diminue beaucoup, et avant tout il ne faut pas oublier que le rapport signal/bruit intervient également en faveur du Vidicon, comme nous l'avons déjà constaté dans le paragraphe 2.

Résumant ce que nous venons de dire sur les performances des tubes en question, nous donnerons,

pour le développement futur, plus de chances au Vidicon qu'à l'Image-Orthicon, ce dernier restant supérieur uniquement par sa sensibilité à la lumière en général, et par sa constance de temps plus petite, tandis que le Vidicon présente des avantages nets au sujet de la définition du niveau noir, du rapport S/N, de l'absence de signaux parasites intérieurs, du gamma et de la légère supériorité de sa réponse à la lumière rouge, sans parler de sa construction plus simple et de sa photocathode spécialement petite qui permet d'utiliser des objectifs de caméra pour film de 16 mm. Il est vrai que la plaque de signal du vidicon peut fonctionner comme antenne et capter des signaux parasites extérieurs, mais c'est une question de blindage, tandis que les effets perturbateurs de l'Image-Orthicon résident dans le principe, à savoir l'utilisation de l'émission d'électrons secondaires, inconvénient irréparable si l'on veut maintenir la manière de fonctionner de ce tube. Dans le Vidicon il n'y a pas d'émission secondaire sur la cible, c'est-à-dire qu'il n'existe aucune cause de perturbation possible par le retour mal contrôlé d'électrons redistribués.

Ajoutons quelques remarques sur l'Emitron C.P.S. C'est un tube analyseur un peu moins sensible que ses rivaux, mais cela ne veut pas dire qu'il soit impropre à la transmission de la couleur. La stabilisation du potentiel de la cible, réalisée par sa structure spéciale, a permis d'éviter la tache blanche si étendue et gênante autrefois, que produit l'accumulation de charges positives sur la mosaïque par le déclenchement progressif d'électrons secondaires. Par conséquent, le tube résiste maintenant à des intensités plus grandes. Mais ce qui subsiste, c'est une certaine sensibilité à des variations rapides de l'éclairement de la scène à transmettre, causes d'une interférence avec la fréquence du balayage qui, paraît-il, ne peut pas être complètement supprimée par le circuit de « clamping ». (Le signal débité est proportionnel au dV/dt sur la mosaïque qui fonctionne en couplage capacitif). Il est difficile de s'imaginer les répercussions spéciales qu'un tel effet pourrait avoir dans le cas de la couleur, et je ne veux pas insister sur cette question.

La table qui suit (fig. 8) résume brièvement les caractéristiques les plus importantes des trois types d'analyseurs utilisables dans la caméra de télévision en couleurs à trois unités, associées aux canaux rouge, vert et bleu. On a supprimé, dans cette table, toutes les caractéristiques *communes* aux trois types, c'est-à-dire :

1° Balayage de la cible accumulatrice par électrons lents ;

2° Focalisation magnétique du pinceau analyseur ;

3° Déviation magnétique ;

4° Egalité approximative de la définition obtenue ;

5° Egalité approximative du rendement photoélectrique dans les 3 intervalles du spectre intéressants.

Dans la table de la fig. 8, le symbole S/N (« signal to noise ratio ») représente la relation entre l'amplitude du signal et le bruit moyen en supposant un éclairement maximum de la couche sensible à la lumière. Le terme « volume » désigne les limites entre lesquelles l'éclairement peut varier sans causer des phénomènes de distorsion ou de saturation.

Actuellement, l'usage de l'Image-Orthicon est encore prépondérant dans les caméras de prise de vues directe en couleurs, dont le schéma normal

COMPARAISON DES PERFORMANCES ÉLECTRIQUES

Type	Image-Orthicon	Vidicon	Emitron-C.P.S.
S/N	« wide-spaced » : 70/2 « close spaced » : 70/1	compensé : 300/3* non compensé : 300/1	70/1
Gamma	linéaire	0,65	linéaire
Volume	très grand	moyen	petit
Sensibilité	très grande	moyenne	moyenne
Courant de sortie max. (μA)	5 à 10	0,35	0,1
Capacité du point-image (μμ F)	(« wide-spaced ») : 100	2 200	1 000
Diagonale de l'image sur la couche photoélectrique (cm)	≃ 4	≃ 1,60	≃ 5,4

* *Compensation de l'effet atténuateur de l'épaisseur du faisceau électronique.*

FIG. 8 — Comparaison des performances électriques

est illustré par la fig. 9, mais déjà la Société Philips a réalisé, au laboratoire, une caméra équivalente munie de 3 Vidicons dans lesquels le photoconducteur est préparé à base d'un oxyde de plomb. Cette solution possède des avantages nets, tels que simplicité de la partie optique, volume et poids très réduits, souplesse de maniement, et elle donne des images colorées d'une qualité parfaitement comparable à celle que l'on obtient avec une caméra à 3 Image-Orthicons.

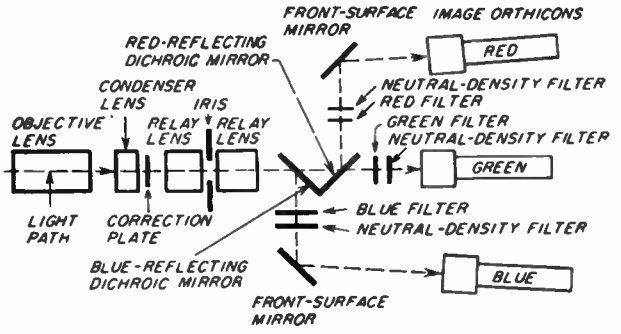


FIG. 9. — Caméra à 3 Image-Orthicons ; montage optique (d'après D.G. FINK, Telev. Engng. Handbook, 1957).

Il est vrai que cette dernière représente un ensemble assez compliqué et peu souhaitable du point de vue de l'exploitation. Non seulement la partie optique constitue un ensemble délicat et coûteux, mais aussi les parties électriques et mécaniques demandent beaucoup de soin. Pour que chaque tube fonctionne

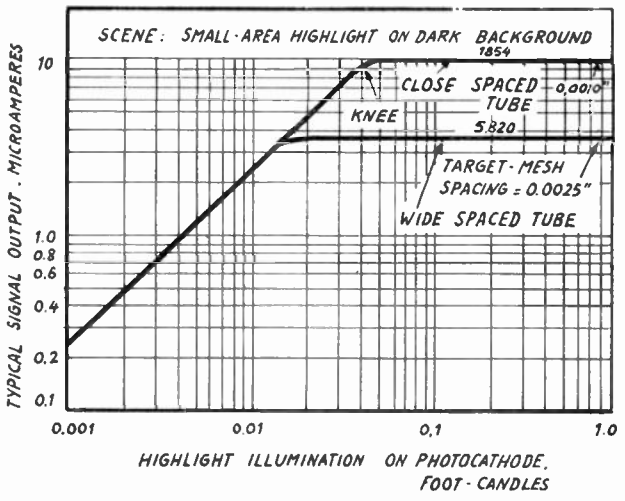


FIG. 10. — Caractéristiques des Image-Orthicons 5820 et 1854 (d'après D.G. FINK, Telev. Engng. Handbook. 1957).

dans l'intervalle linéaire, sans jamais atteindre la partie coudée de la caractéristique, il a fallu rapprocher la grille collectrice de la pellicule de verre jusqu'à une distance de 25 μ seulement (voir la caractéristique supérieure de la fig. 10). Pour assurer une bonne définition dans les coins de l'image transmise, on utilisera la post-focalisation du faisceau. La redistribution d'électrons secondaires, si préjudiciable pour la reproduction fidèle de la couleur originale, doit être limitée par une tension de polarisation élevée de la grille (+ 4,5 volts). La fig. 11 montre la définition résultant d'un ajustage scrupuleux, conforme aux mesures indiquées. La courbe

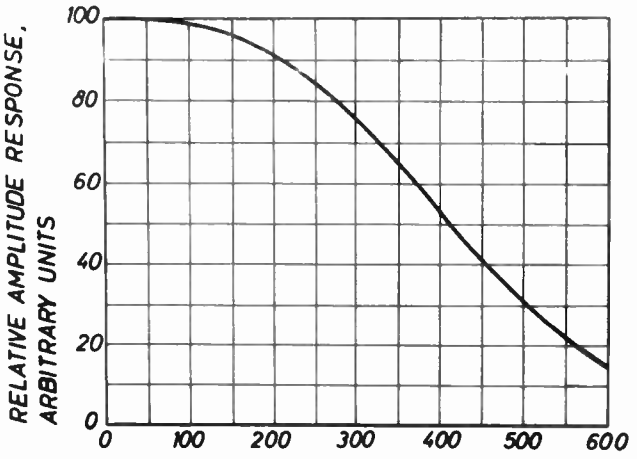


FIG. 11. — Image-Orthicon : caractéristique de définition.

nous donne la relation entre le nombre de lignes et l'amplitude relative avec laquelle les fréquences correspondantes prennent part dans la composition du signal. La fig. 12 représente les courbes de transmission des filtres dichroïques pour les canaux rouge et bleu. La reproduction fidèle de la couleur exige que les spectres de transmission des filtres optiques dans les trois canaux soient adaptés à la distribution spectrale de l'effet photoélectrique utilisé. Si cette adaptation est bonne, le dosage de l'amplification dans chaque canal aura pour effet que les trois phosphores correspondants standardisés du kinescope

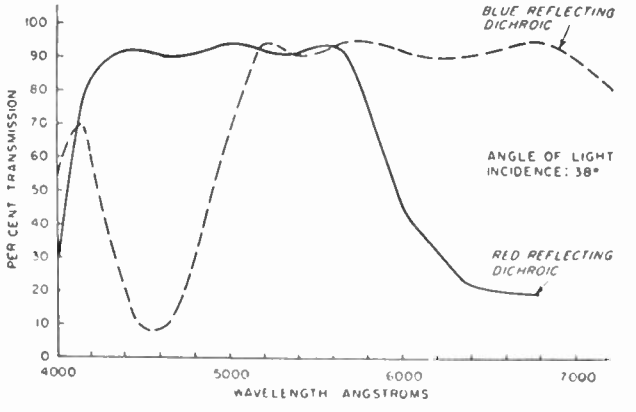


FIG. 12. — Caractéristiques de transmission des miroirs dichroïques (d'après D.G. FINK, Telev. Engng. Handbook, 1957).

(« primaries ») reproduisent bien la teinte à transmettre, soit le blanc en cas de l'illumination de l'objet par une source d'émission blanche définie (p.e. « illuminant C »). Dans la fig. 13, on a représenté les trois courbes individuelles désirées, associées aux trois tubes analyseurs respectifs. Balayant une surface blanche, un tel système analyseur fournira 3 signaux indépendants qui, en excitant les 3 phosphores standardisés au récepteur, reproduiront un

blanc identique, pourvu que la transmission électrique soit linéaire dans chaque canal. Le problème est le même pour tous les types d'analyseurs, et sa solution ne demande que la connaissance de la sélectivité de l'effet photoélectrique utilisé pour étudier les moyens d'adapter les filtres colorés de transmission convenables.

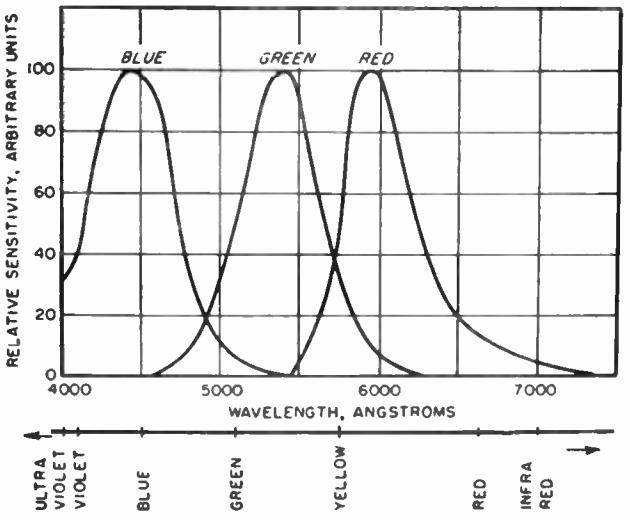


FIG. 13. — Caméra à 3 Image-Orthicons ; distribution nécessaire de la réponse photoélectrique (d'après D.G. FINK, Telev. Engng. Handbook, 1957).

Si l'Image-Orthicon a représenté, jusqu'à nos jours, un élément standard de la caméra de prise de vues directe en couleurs, le Vidicon, par contre, a conquis assez tôt le terrain des analyseurs de films colorés.

Pour cette utilisation il s'est montré privilégié par ses qualités déjà mentionnées : niveau noir constant, domaine d'éclairement très grand, absence de signaux perturbateurs, possibilité d'interrompre le courant de faisceau sans provoquer une réaction extérieure. Grace à cette possibilité et au grand pouvoir accumulateur du tube, le blocage et le déblocage du faisceau peuvent coïncider sans difficulté avec le rythme saccadé normal du film. Lorsqu'on

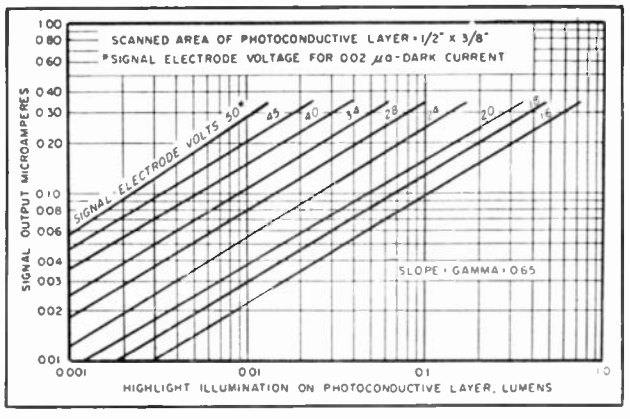

SCANNED AREA OF PHOTOCONDUCTIVE LAYER = 1/2" x 3/8"
SIGNAL ELECTRODE VOLTAGE FOR 002 μa-DARK CURRENT
SIGNAL ELECTRODE VOLTS
SLOPE = GAMMA = 065
SIGNAL OUTPUT MICROAMPERES
HIGHLIGHT ILLUMINATION ON PHOTOCONDUCTIVE LAYER, LUMENS

FIG. 14. — Caractéristiques du Vidicon 6326 (d'après D.G. FINK, Telev. Engng. Handbook, 1957).

donne à la plaque-signal une polarisation faible, le danger de charges exagérées est éliminé. En même temps la sensibilité diminue, mais cette perte est plus que compensée par la lumière abondante disponible pour la projection du film sur la photocathode. Il faut quelques dixièmes de lumen pour le blanc le plus clair. Dans cette condition, la caractéristique du Vidicon correspond à la famille de lignes droites ($\gamma = 0{,}65$) dans la fig. 14. On y voit l'ampleur de l'intervalle d'éclairement admissible, facteur de grande importance pour la transmission de la couleur. On obtient des courants de signal de 0,35 μA qui garantissent un très bon rapport S/N et permettent de sacrifier une fraction de l'intensité du signal pour la correction d'ouverture. Le résultat de cette correction est illustré par la fig. 15.

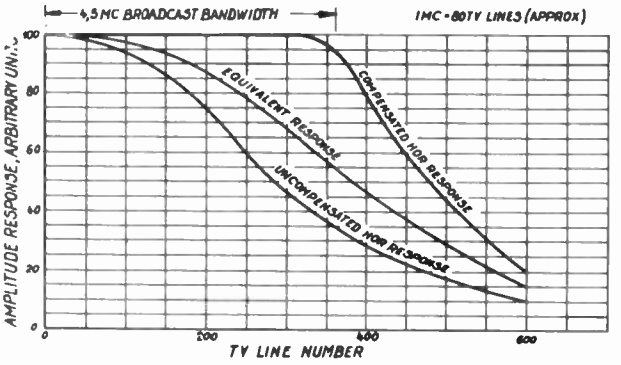


FIG. 15. — Vidicon : caractéristiques de définition.

Dans les réalisations les plus modernes du Vidicon, on a également prévu la post-focalisation, pour améliorer la définition aux bords de l'image ; cela s'effectue au moyen d'une division en deux de l'anode cylindrique de sorte qu'il est alors possible d'appliquer les deux tensions périodiques nécessaires ayant une forme parabolique et dont les fréquences sont celles de la déviation horizontale et verticale respectivement.

La fig. 16 montre l'analyseur de films ou diapositives utilisant 3 Vidicons, associés aux canaux rouge, vert et bleu, avec l'optique nécessaire pour séparer la lumière de projection en ses 3 composantes.

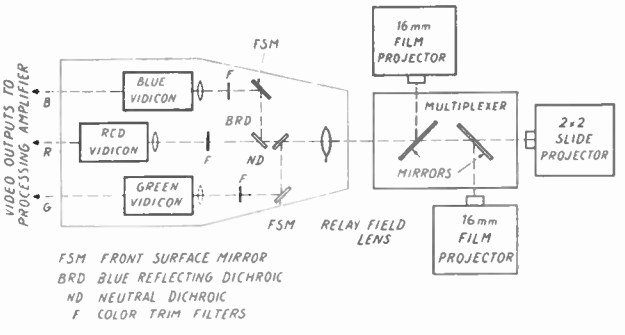


FIG. 16. — Analyseur de films à 3 Vidicons (d'après D.G. FINK, Telev. Engng. Handbook, 1957).

Mais depuis, comme nous l'avons vu, le Vidicon a brisé le monopole de l'Image-Orthicon pour la prise de vues directe en couleurs.

L'histoire de l'évolution technique dans ce domaine nous fait comprendre cet événement. Au début de la télévision en couleurs, l'Image-Orthicon était un tube analyseur achevé et presque standardisé, tandis que le Vidicon se trouvait encore dans le stade expérimental. Pour la prise de vues directe l'imbattable sensibilité de l'Image-Orthicon était décisive. Le Vidicon, par contre, semblait être prédestiné, par ses qualités caractéristiques, pour l'analyseur de films où la sensibilité, à ce moment-là encore bien inférieure à celle de l'Image-Orthicon, ne comptait pas autant. En attendant la mise au point technologique du Vidicon, l'analyse des films en couleurs s'effectuait au moyen du système du « flying spot » qui fut de plus en plus abandonné à mesure que la performance croissante du Vidicon permettait de passer au dispositif de la fig. 16. Mais le progrès ne s'arrête pas là, et je suis persuadé que le type du Vidicon — je ne parle pas de sa forme actuelle — l'emportera sur les rivaux pour toutes les utilisations imaginables en télévision, monochrome ou polychrome.

Passons maintenant aux systèmes de transmission simultanée des signaux correspondant aux 3 canaux de couleur, mais partant d'une analyse séquentielle de l'image, au moyen de filtres alternants. Il s'agit alors de systèmes compatibles, nécessitant un seul tube pour la prise de vues ; on offre à ce tube en alternance cyclique les 3 extraits complémentaires de l'image ; les signaux résultants sont accumulés, d'une façon ou d'une autre, pour assurer leur persistance indispensable si la caméra doit débiter en permanence, sans interruption, sur les 3 canaux de couleur.

A titre d'exemple la fig. 17 donne le schéma du dispositif nommé « Chromacoder ». L'analyse séquentielle se fait par un Image-Orthicon photosensible à travers tout le spectre visible. Au moyen

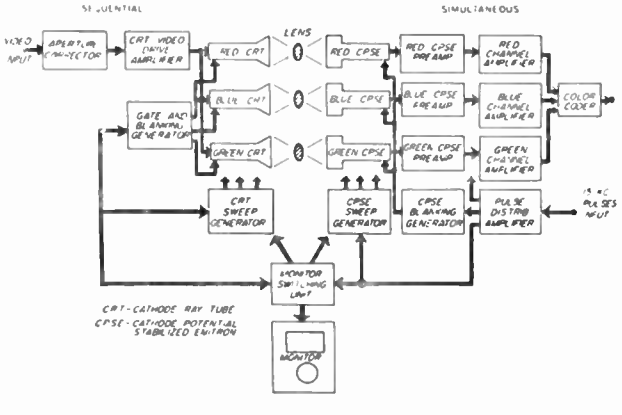


FIG. 17. — Schéma du dispositif nommé « Chromacoder » (d'après D.G. FINK, Telev. Engng. Handbook, 1957).

d'un disque de 9 filtres alternants, tournant en synchronisme avec 3 fois la fréquence de déviation verticale et 3 fois la fréquence de déviation horizontale (47,25 kc/s), on obtient la séquence régulière des 3 composantes. Les signaux leur correspondant agissent dans la même séquence sur 3 kinescopes (CRT) de longue rémanence convenablement dosée ; les écrans de ces kinescopes sont monochromes et leur émission est adaptée à la distribution spectrale de la sensibilité des 3 Orthicons - C.P.S. placés en face, avec des objectifs de projection intermédiaires. Pour le reste, l'appareil est identique au dispositif de transmission simultanée tel que l'utilise le système N.T.S.C.

Dans cet ensemble, l'Image-Orthicon aura une couche photoémissive contenant du bismuth (voir fig. 6) et les filtres de couleur seront identiques à ceux utilisés dans la caméra à 3 unités (fig. 12). Le phosphore est du type P1 standardisé. Il va sans dire qu'en vue du balayage à vitesse multipliée la bande passante des amplificateurs doit être très large (12 Mc/s). Pour éviter la production de moiré par interférence des deux balayages, les trames respectives sont croisées à 90°.

La capacité d'accumulation du Chromacoder se base, d'une part, sur la rémanence des kinescopes et, d'autre part, sur le pouvoir accumulateur de l'Orthicon C.P.S. A mon avis, notre ami décédé, R. BARTHÉLEMY, fut, en 1947, le premier qui révéla dans une réunion de ses collaborateurs l'idée d'un système analogue, basé également sur l'enregistrement et la répétition retardée des 3 sélections colorées, afin d'obtenir un système compatible, avec transmission simultanée des 3 canaux de couleur. Toutefois, dans le Chromacoder comme dans le système Barthélemy un inconvénient de principe est d'être obligé d'enregistrer des images complètes et de leur donner la persistance nécessaire. Il faut donc disposer d'un accumulateur d'images capable de conserver 400 000 points-images en forme d'un paquet de lignes reproduisible sans perte en définition et gamma. Les 3 couples : kinescope-emitron ne seront pas la solution définitive du problème. Y a-t-il d'autres possibilités ?

Or, une solution plus simple et stable paraît viable, en remplaçant la séquence de trames entières (« field sequential ») par une séquence de lignes (« line sequential »). Les lignes à retard électriques ou piézoélectriques sont devenues un excellent moyen de répéter une série de signaux quelconques après un temps déterminé, à condition qu'il s'agisse de retards de l'ordre d'un dixième de milliseconde. Une ligne de ce genre peut fonctionner comme accumulateur-retardeur de modulation pour la reproduire avec un délai voulu. On a déjà conçu des systèmes de télévision en couleurs utilisant des lignes à retard, mais c'est un domaine spécial qui doit faire l'objet d'une autre conférence. La difficulté à laquelle se heurte l'idée de l'accumulation intermédiaire de la modulation d'une ou plusieurs lignes de télévision est la nécessité de respecter la compatibilité avec la transmission en noir et blanc standardisée. Il faut donc analyser et enregistrer chaque ligne de l'image 3 fois pendant la période normale du balayage-ligne, afin d'obtenir les 3 composantes de couleur ; mais,

d'autre part, il faut extraire ces 3 signaux simultanément de l'accumulateur pour suffire aux besoins du système N.T.S.C. ou d'un système équivalent. Or, nous possédons aujourd'hui — grâce à la technique avancée de la retransmission d'images de radar — des accumulateurs magnétiques et électrostatiques permettant d'enregistrer sur une ligne de longueur acceptable, p.e. de 60 mm, la modulation de toute une ligne d'image, sans aucune perte en définition ou gradation, à savoir 600 points-image. Il est alors facile de reproduire, à la lecture des impulsions enregistrées, la modulation dilatée en temps pour restituer la durée normale de la ligne compatible avec la réception en noir et blanc.

La fig. 18 doit faire comprendre cette méthode. On a prévu un système accumulateur électrostatique à deux faisceaux d'électrons, travaillant en flip-flop de sorte que l'un d'eux, F_1 inscrit la modulation d'une ligne entière à vitesse triplée ($3 \times f_1$), en analysant cette ligne séquentiellement dans les 3 couleurs de base. Il y a donc 3 lames isolantes pour recevoir les signaux rouge, vert et bleu séparément comme indiqué sur la figure par les hachures différentes. Ces signaux sont engendrés par un Vidicon dont les dimensions de la cible sont agrandies et, suivant la partie *a* de la figure, un réseau de filtres linéaires très minces est placé sur le dos de la cible qui possède une plaque-signal transparente. Le pinceau d'électrons lents du Vidicon balaye successivement les lignes éclairées en rouge, vert et bleu, pour terminer ce cycle pendant que s'écoule une ligne standard. Les signaux respectifs captés sur la plaque-signal P.S., commandent le Wehnelt *W* et le faisceau modulé inscrit les charges variables sur les 3 lames accumulatrices, ce qui s'effectue au moyen d'une déviation verticale saccadée à la fréquence f_1. Pendant cette période le faisceau F_2 dont la section transversale est rectangulaire et couvre en même temps les 3 lames parallèles est dévié à la fréquence f_1 pour extraire les 3 signaux ou modulations simultanément. Au bout de chaque période $1/f_1$, les deux faisceaux F_1 et F_2 changent leur éventail de déviation comme le montre le dessin.

La partie *b* de la fig. 18 montre la manière de corriger la non-linéarité du balayage vertical au moyen d'un système d'électrodes *E* placées en séquence régulière au bord de la cible du Vidicon. En les touchant, le faisceau engendre des impulsions dont on compare la phase avec celle des impulsions de synchronisation de ligne. La différence de phase, positive ou négative, fait naître une tension de correction pour linéariser la déviation verticale.

Il n'est pas nécessaire de monter à l'intérieur du Vidicon les bandes filtrantes dessinées dans la fig. 18. La technique moderne du verre nous donne des possibilités de former, dans des lames minces de verre, une structure lenticulaire excessivement fine. Or, comme vous le savez, le dispositif optique utilisé pour le film en couleurs d'après le système Siemens-Berthon projette la scène à transmettre sur la couche photographique sous forme d'un grand nombre d'images microscopiques du filtre tripartite (rouge, vert, bleu) placé dans la pupille d'entrée de l'objectif. Cela s'effectue au moyen de lentilles cylindriques moulées dans le revers de la pellicule. De manière analogue on pourrait, dans le cas du tube analyseur de télévision, graver un tel système lenticulaire dans une lame de verre très mince, utilisant pour ce faire la méthode photochimique de la Compagnie « Corning Glass Works » permettant d'obtenir la structure superficielle voulue, par corrosion contrôlée. On déposerait ensuite sur la face opposée du verre l'électrode de signal transparente sur laquelle on évaporerait la couche photoconductrice. On pourrait appliquer ce procédé au cas de la fig. 18 dans le but d'obtenir les bandes horizontales de couleur indiquées, simplement par projection optique de l'extérieur. Mais il serait alors possible aussi de mettre en place le filtre tripartite, de façon à obtenir la séquence des couleurs dans la direction de la ligne balayée. On parvient ainsi à un système « dot sequential », dans lequel on n'aurait qu'à assurer la coordination exacte des signaux débités par la plaque-signal avec les canaux conduisant au « color-coder » normal. Il me semble possible d'effectuer cette coordination par une commutation corrigée

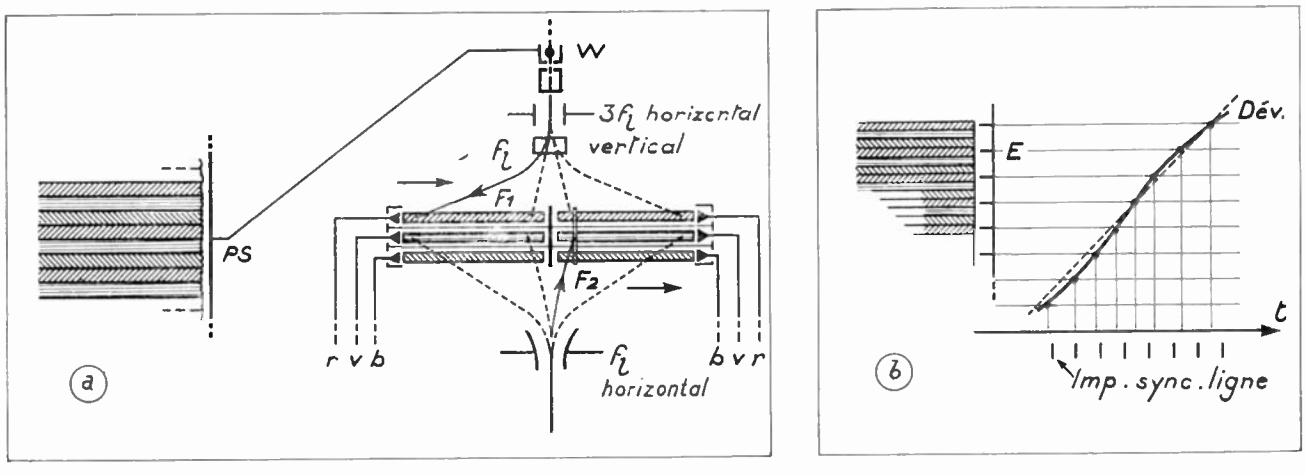


FIG. 18. — Transformation d'un système séquentiel de lignes en système simultané.

en fréquence et phase au moyen d'un signal dérivé de la variation de la pente du courant en dent de scie qui commande le balayage horizontal.

La fig. 19 illustre le principe de filtration utilisé dans le système Siemens-Berthon, et il est facile d'imaginer comment ce dispositif devrait être modifié pour résoudre le problème en question. Nous aurions réalisé de cette manière un Vidicon de construction simplifiée et une caméra à un seul tube analyseur débitant un signal compatible avec la transmission standardisée. Et cela représente sans doute l'idéal que nous devons chercher sans désespérer vis-à-vis des énormes difficultés que nous rencontrerons sur le chemin que je viens de jalonner.

La solution que je propose n'est peut-être pas la meilleure que l'on puisse imaginer, mais je crois que le principe indiqué mérite d'être considéré.

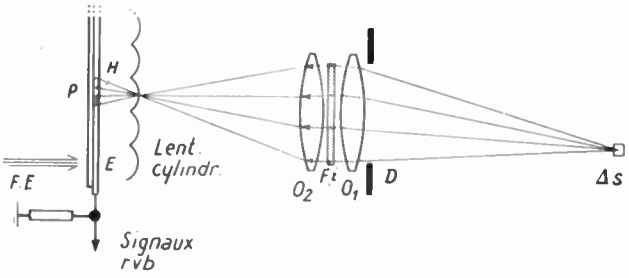


FIG. 19. — Vidicon à réseau de lentilles, pour T.V. en couleurs.

ÉTUDE COMPARATIVE DES TUBES ÉLECTRONIQUES UTILISÉS POUR LA REPRODUCTION TÉLÉVISUELLE D'IMAGES EN COULEURS*

PAR

Ch. J. HIRSCH

Hazeltine Research Corporation
Little Neck, N. Y. (USA).

Dans le récepteur N.T.S.C., les circuits qui délivrent les signaux de couleur, comportent environ 7 lampes de plus que les circuits prélevant seulement le signal de brillance. Ceci représente en moyenne une augmentation qui n'excède pas 38 %. La nette élévation du prix de revient des récepteurs de télévision en couleurs est à peu près entièrement imputable au coût du tube de réception et des circuits auxiliaires nécessaires à son fonctionnement. C'est le prix de revient élevé de cette partie du recepteur qui s'est le plus opposé à un large développement de la télévision en couleurs. Il en a résulté un gros effort dans le domaine de la recherche et des études de fabrication afin de produire un tube satisfaisant qui soit d'un prix accessible et qui puisse être vendu en grande quantité. Il existe à l'heure actuelle plusieurs tubes qui donnent de bons résultats mais les chercheurs n'ont pas encore résolu le problème d'un bas prix de revient.

Tous les systèmes de télévision en couleurs, autres que le N.T.S.C, à savoir le sequentiel de trames, le séquentiel de lignes, le système Valensi etc... se heurtent au problème d'un tube de bas prix de revient fournissant une image de bonne qualité.

Contrairement à une opinion communément émise par des personnes mal informées, c'est l'étude physique et physiologique de l'œil qui a permis de définir le signal N.T.S.C. et non un quelconque schéma de circuit ou modèle de tube. Ce signal permet de disposer des informations de couleur de façon à la fois simultanée et séquentielle. Nous entendons par là que les composantes rouge, verte et bleue de l'image peuvent être obtenues soit au même instant, soit successivement et dans un certain ordre. Cette présentation séquentielle qui normalement a lieu à la fréquence 3,58 Mc/s de la sous-porteuse, peut être modifiée dans sa fréquence et son ordre par hétérodynage. De plus, le fait de pouvoir disposer simultanément des trois composantes de couleur permet d'effectuer leur sélection à une cadence et dans un ordre qui satisfont aux conditions restrictives imposées par le balayage, le papillottement ou les mires parasites.

Du fait que le signal et le dispositif de reproduction ont été définis indépendamment l'un de l'autre, il existe une grande variété de types de tubes qui peuvent être en gros classés de la manière suivante :

I Dispositifs « simultanés »

A — Dispositifs qui permettent une reproduction simultanée des composantes rouge, verte et bleue de chaque point d'image. Citons entre autres :

a) le tube à masque à trois canons.

b) l'ensemble de projection à trois tubes.

c) le tube à grille de focalisation à trois canons.

B — Dispositifs qui permettent de reproduire avec exactitude la brillance, la teinte et la saturation de chaque point de l'image. Citons, à titre d'exemple, le tube à masque à un seul canon dont le faisceau frappe dans une proportion correcte les points de phosphores rouge, vert et bleu.

II Dispositifs « séquentiels »

Dans tous les cas, un seul faisceau est utilisé.

A — Le faisceau est dirigé par commutation sur le phosphore émettant la couleur primaire correspondant à la phase du signal de couleurs. Un exemple caractéristique est fourni par le Chromatron.

B — Le faisceau unique balaye d'un mouvement uniforme un ensemble de raies de phosphore. A chaque instant, la position du spot par rapport aux raies permet de choisir le signal de couleur approprié. Le tube « Apple » de PHILCO est basé sur ce principe.

* Texte traduit de l'anglais.

La différence entre les principes de fonctionnement du Chromatron et du tube « Apple » peut s'exprimer en langage trivial de la façon suivante :

Chromatron : « Le signal qui me parvient actuellement indique la quantité de vert (ou de rouge, ou de bleu) d'un certain point de l'image. Dans ces conditions, commutez mon faisceau sur le phosphore vert (ou rouge, ou bleu) »

Tube « Apple ». « Je suis maintenant en mesure d'émettre de la lumière verte. Dans ces conditions faites moi parvenir le signal m'indiquant la quantité de lumière qu'il faut émettre ».

La qualité de l'image obtenue avec ces différents dispositifs peut être jugée du point de vue :

a) du contraste

b) de la définition

c) de la gamme des couleurs

d) de l'exactitude de la superposition des trois images primaires.

e) de la reproduction de l'échelle des gris

f) des mires parasites.

Ces points de vues sont précisés par la figure 1.

QUESTIONS PRÉCISANT LES DIFFÉRENTS FACTEURS DE LA QUALITÉ DE L'IMAGE.

Contraste — Les noirs sont-ils franchement noirs ?

Définition — Le contraste des petits détails de l'image est-il bon ?

Gamme des couleurs — La reproduction des couleurs primaires est-elle exacte ?

Superposition — Les trois images primaires sont-elles superposées ?

Echelle des gris — La reproduction de l'échelle des gris est-elle achromatique ?

Mires — Peut-on distinguer une trame (de lignes, de points), un moiré ?

FIG. 1.

C'est du point de vue du « contraste » qu'on peut se poser la question de savoir si « les noirs sont franchement noirs » — particulièrement en ce qui concerne les parties de l'image de dimensions moyennes ou grandes. Dans le cas de la « définition », il s'agit plutôt de savoir si le « contraste des petits détails de l'image est bon ». Ces deux facteurs (contraste et définition) tels que nous venons de les définir sont quelque peu liés et tous deux responsables de la « finesse » de l'image obtenue. Un autre point de vue est celui de la « gamme des couleurs » qui se préoccupe du « degré de pureté (ou de saturation) des couleurs primaires reproduites par le tube ». Le facteur suivant est celui de l' « exactitude de la superposition » et il est bien évident qu'il a trait au problème de la « superposition exacte des trois images primaires ». Le cinquième facteur que nous considérerons est celui du rendu des différents gris. Il s'agit de savoir si le tube est capable de reproduire les différents niveaux d'une échelle de teintes neutres, de façon achromatique. Le dernier point que nous avons noté concerne les mires parasites. Il englobe un ensemble de questions telles que les trames d'image (c'est-à-dire des structures de points ou de lignes superposées à l'image) et les possibles effets de moirage.

Nous allons maintenant passer rapidement en revue les principes de fonctionnement ainsi que les caractéristiques générales des quelques tubes qui ont été étudiés de façon approfondie durant ces dernières années. Ce faisant, nous insisterons particulièrement sur les six facteurs que nous venons de mentionner et qui sont responsables de la qualité de l'image.

Le tube à masque.

Le tube à masque à trois canons, tel qu'il est fabriqué par R.C.A. et C.B.S.-Hytron, est probablement le plus utilisé de tous ; il a bénéficié de l'effort technique le plus poussé et à notre connaissance il est le seul tube de couleur qui soit actuellement arrivé au stade de la production. Une vue d'ensemble du tube à masque est représentée Fig. 2. Trois canons à électrons, à peu près indépendants les uns

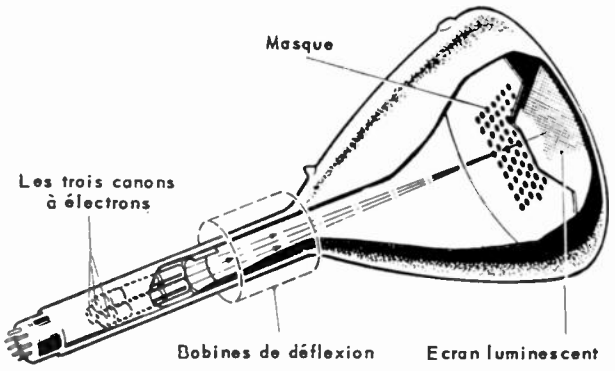


FIG. 2. — Vue d'ensemble du tube à masque.

des autres, sont placés à l'arrière du tube. Les trois faisceaux résultants, après avoir été déviés par un même ensemble de bobines déflectrices, viennent frapper un masque placé près de l'écran luminescent et percé d'une multitude de petits trous très rapprochés. L'écran luminescent est composé d'ensembles de trois points, contenant chacun un phosphore déterminé (rouge, vert ou bleu) et disposés de telle sorte, par rapport aux trous du masque et à l'orientation des canons, que chaque canon à électrons puisse seulement exciter les phosphores correspondant à une couleur déterminée. Dans les tubes du commerce, les points de phosphore de couleur sont déposés directement sur la paroi de verre à courbure sphérique qui forme l'avant du tube.

La figure 3 représente une portion agrandie du masque et de l'écran luminescent et indique de quelle façon l'inclinaison du faisceau d'électrons par rapport au masque permet de choisir le phosphore qui va être excité. Il en résulte que la majorité des électrons émis par chaque canon est collectée par le masque et que seule la minorité qui vient frapper

les points du phosphore approprié peut atteindre l'écran. Le masque et l'écran luminescent sont au même potentiel. Aussi les trajectoires des électrons sont-elles dans cette région, sensiblement des lignes droites. Par suite de l'effet de masque, des courants de faisceau très élevés sont nécessaires pour obtenir la quantité de lumière souhaitable. L'accroissement des dimensions du spot qui en résulte joint à la structure de ponts de l'écran tend à limiter la définition maxima du tube à masque.

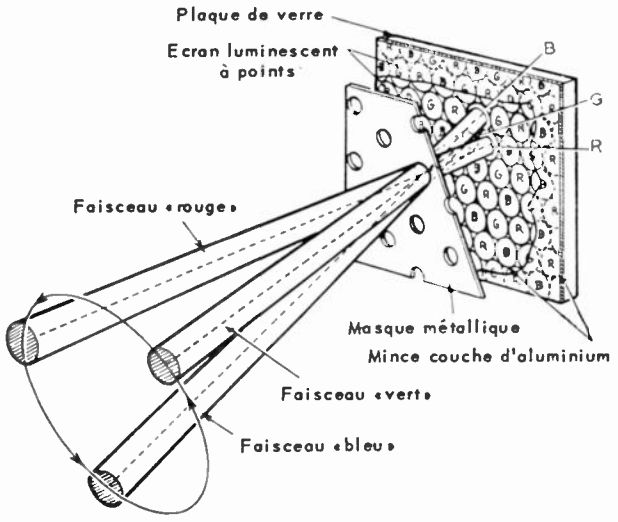


Fig. 3. — Fonctionnement du tube à masque.

La convergence des trois faisceaux est obtenue aisément au centre de l'image, en déplaçant les trois faisceaux électroniques par des champs magnétiques réglables séparément. Toutefois en raison du principe même de fonctionnement de ce tube, qui est d'utiliser la différence d'inclinaison des trois faisceaux par rapport au masque pour effectuer le choix des différentes couleurs, les trois trames colorées auront tendance à former des trapèzes légèrement décalés, ce qui entraîne une superposition imparfaite dans les angles de l'image. Il a par suite été nécessaire d'introduire des circuits de convergence dynamique qui modifient la position relative des trois faisceaux aux cadences des balayages de ligne et d'image. Une superposition correcte est ainsi obtenue sur toute la surface utile de l'image. Il est recommandé d'utiliser pour ce faire un ensemble de 15 réglages de convergence : à savoir, pour chacun des trois canons, un réglage statique, deux réglages dynamiques à la fréquence horizontale et deux autres à la fréquence verticale. La position de ces réglages par rapport aux canons à électrons est représentée figure 4.

Pour obtenir des couleurs pures, il faut être sûr que les électrons émis par chaque canon ne frappent que les points du phosphore associé, il est donc nécessaire d'effectuer la compensation du champ magnétique terrestre ainsi que des autres champs magnétiques parasites. Ces réglages une fois effectués, la saturation des couleurs primaires obtenues se

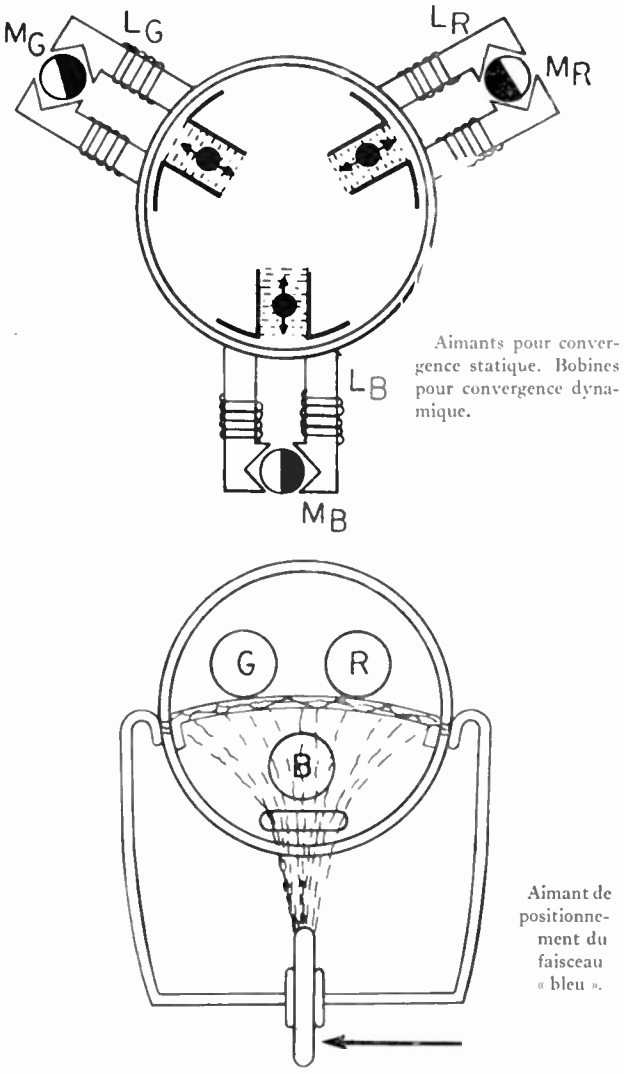


Fig. 4.

trouve encore quelque peu limitée par la qualité des phosphores utilisés ainsi que par certains effets d'émission secondaire dus au masque. La position de ces réglages est représentée figure 5.

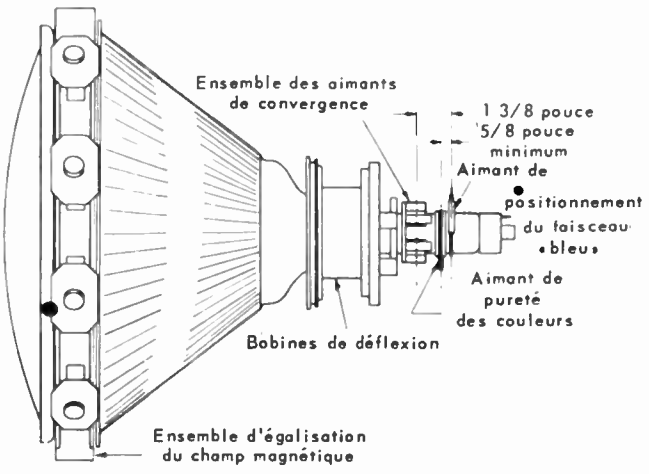

Ensemble des aimants de convergence
1 3/8 pouce
5/8 pouce minimum
Aimant de positionnement du faisceau «bleu»
Aimant de pureté des couleurs
Bobines de déflexion
Ensemble d'égalisation du champ magnétique

Fig. 5.

Pour réaliser une reproduction achromatique de l'échelle des teintes neutres, il est nécessaire que les courants de faisceau des trois canons à électrons soient dans des rapports définis et constants les uns par rapport aux autres, lorsque l'on parcourt l'échelle des gris. Il faut pour cela régler de façon précise les commandes du niveau de noir et du contraste de chaque canon, mais il est difficile d'obtenir des résultats parfaits en raison d'une part de la non linéarité des canons à électrons et d'autre part du mauvais rendement du phosphore rouge qui exige un courant de faisceau deux à trois fois plus élevé que celui des autres phosphores.

Un tube à commutation de faisceau, le chromatron.

Un autre type de tube de réception en couleurs a été particulièrement étudié, c'est le tube à grille de focalisation tel qu'il a été proposé par le Docteur LAWRENCE. La figure 6 donne le schéma de principe

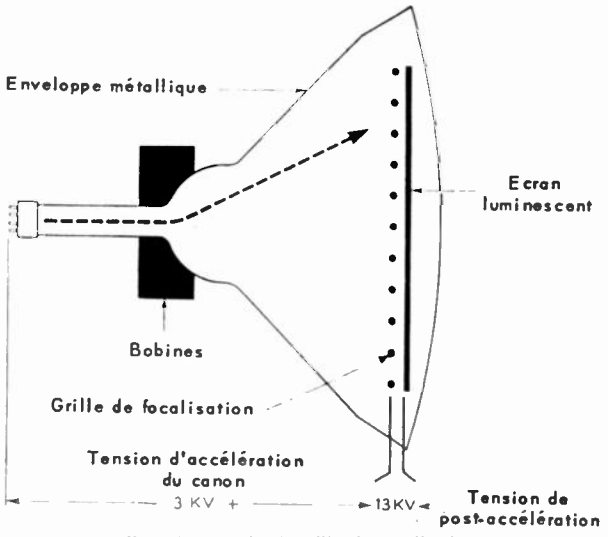


FIG. 6. — Tube à grille de focalisation.

de ce tube. Trois phosphores émettant les couleurs primaires sont déposés en raies sur une paroi de verre plane qui constitue l'écran luminescent. Celle-ci est montée à l'intérieur du tube. Derrière l'écran à une distance de 0,5 à 1 pouce est placé, dans un plan parallèle, un réseau de fils maintenus à un potentiel plus faible. Du fait de la différence de potentiel existant entre la grille de focalisation et l'écran luminescent et de l'effet de lentille cylindrique qui en résulte, le faisceau d'électrons est focalisé sur la raie du phosphore approprié. Si l'on veut que le faisceau d'électrons vienne frapper l'écran avec une vitesse suffisante (correspondant par exemple à une différence de potentiel de 18 kV), la plus grande partie de cette différence de potentiel doit être appliquée entre la grille de focalisation et l'écran luminescent. Dans ces conditions le canon à électrons fonctionnera sous une tension assez faible (de l'ordre de 5 kV dans l'exemple précité).

La figure 7 montre les détails de l'assemblage de la grille de focalisation et de l'écran luminescent dans le cas d'un tube à grille à un seul canon dont les raies de phosphore sont disposées horizontalement. Une raie sur deux correspond au vert, les autres raies sont alternativement rouges ou bleues. La grille elle-même est constituée de deux grilles coplanaires, les fils de l'une faisant face aux raies du phosphore rouge, les fils de l'autre aux raies du phosphore bleu. L'application d'une différence de potentiel convenable entre ces deux grilles, modifie de telle sorte l'effet de lentille cylindrique que tous les électrons viennent frapper les raies de phosphore rouge (ou bleu). En l'absence de différence de potentiel entre les deux grilles, le phosphore vert est excité. Tout ceci est représenté figure 8.

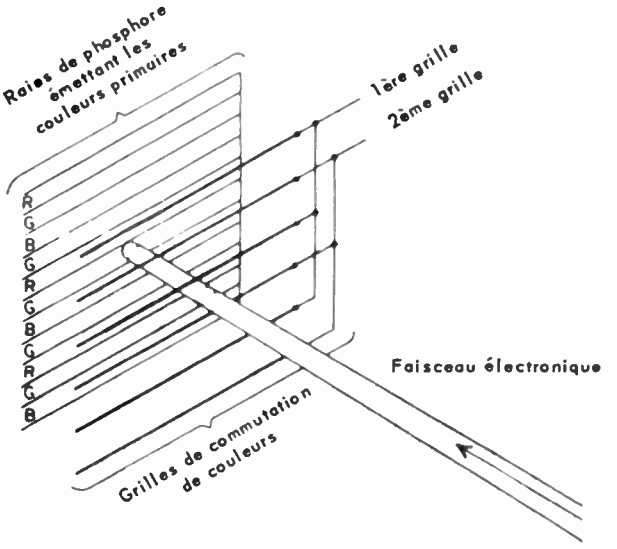

Raies de phosphore émettant les couleurs primaires
1ère grille
2ème grille
R G B G R G B G R G B
Faisceau électronique
Grilles de commutation de couleurs

FIG. 7. — Tube à grille de focalisation à un canon

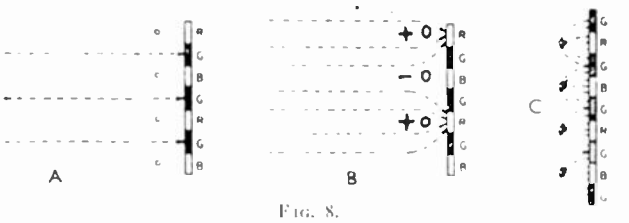


FIG. 8.

a) Les électrons viennent normalement frapper les raies de phosphore vert.
b) Une tension de polarité convenable est appliquée entre les deux grilles de couleurs. Les raies de phosphore rouge sont excitées. Si la polarité était opposée, de la lumière bleue serait émise.
c) Diagramme des lignes de force du champ électrique entre la grille de focalisation et l'écran.

Ce modèle de tube de réception comportant un seul canon à électrons, la reproduction de l'échelle des gris ne pose aucun problème à condition que le tube soit utilisé de façon correcte. De plus étant donné que la commutation des couleurs est effectuée à proximité de l'écran, la convergence (ou superposition) des trois images est réalisée sans difficulté. Ces deux avantages ont un effet sensible sur la qualité de l'image monochrome qu'il est possible d'obtenir avec ce tube.

Comme, dans le cas du tube à grille de focalisation, la majorité des électrons vient frapper l'écran

luminescent, un courant de faisceau plus faible suffit à procurer une brillance d'image acceptable. Toutefois le canon à électrons fonctionnant sous une faible tension — de l'ordre de 5 kV —, il est difficile d'obtenir un spot de petites dimensions et par là même de reproduire les détails.

Le contraste de l'image est d'autre part limité par plusieurs facteurs. Tout d'abord le plus grand nombre de surfaces transparentes (l'enveloppe du tube ne servant pas de support à l'écran luminescent). Il faut aussi tenir compte de la diffusion des électrons au voisinage de l'écran luminescent. Une petite fraction du faisceau incident est toujours réfléchie à grande vitesse. En raison de la post-accélération qui s'exerce entre l'écran luminescent et la grille, ces électrons diffusés reviennent sur l'écran avec une vitesse appréciable occasionnant de la sorte un halo visible. Les électrons dus à l'émission secondaire de la grille de focalisation peuvent également venir frapper à grande vitesse l'écran luminescent du fait de la tension de post-accélération . La retombée sur l'écran de ces divers faisceaux d'électrons diffusés produit un halo dont la teinte verdâtre est due à la prépondérance du phosphore vert. Il en résulte une réduction sensible de la pureté des couleurs primaires rouge et bleue.

Le tube à grille de focalisation à trois canons.

Un tube à grille de focalisation à trois canons a également été étudié. Le fonctionnement de ce tube est schématisé figure 9. Dans ce cas, le montage de

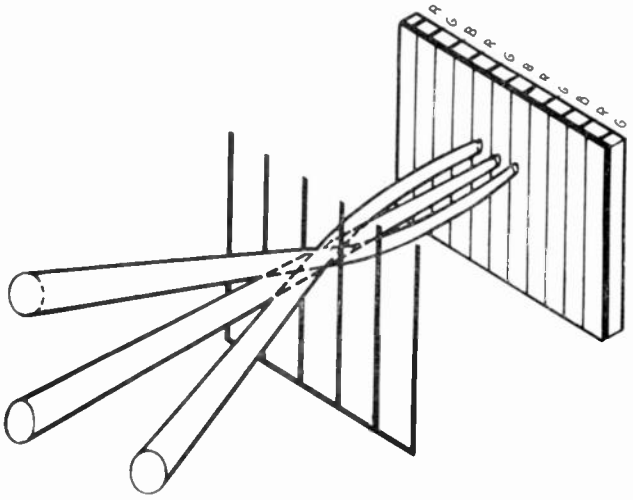


FIG. 9. — Tube à grille de focalisation à trois canons.

la grille des couleurs est plus simple du fait de l'interconnexion de tous les fils. Il faut aussi noter que les raies de phosphore se présentent sous une forme séquentielle simple : rouge, vert, bleu, rouge, vert, bleu... C'est la différence d'inclinaison des trois faisceaux par rapport à la lentille cylindrique qui permet d'effectuer le choix du phosphore. Dans ce tube, des raies verticales sont utilisées pour réduire les effets de moirage dus au balayage des lignes.

Le tube à grille de focalisation à trois canons a sur le tube à masque l'avantage de nécessiter des valeurs plus faibles du courant de faisceau, car presque tous les électrons contribuent à l'émission de la lumière, mais d'un autre côté le canon à électrons fonctionne sous une faible tension et le problème de la diffusion des électrons est, en raison de la post-accélération, aussi préoccupant que dans le cas du tube à grille de focalisation à un seul canon. De plus ce modèle de tube offre tous les inconvénients des tubes à trois canons en ce qui concerne la reproduction de l'échelle des gris et la superposition des trois images. Notons pourtant que l'utilisation de trois canons situés dans un même plan peut légèrement faciliter la solution du problème de la superposition.

Le système à projection.

Un autre dispositif, le système à projection, a fait l'objet d'études poussées. Les trois images primaires rouge, verte et bleue sont dans ce cas formées sur trois tubes séparés, puis après agrandissement optique projetées et superposées sur un écran de cinéma (peu directif). La figure 10 représente ce

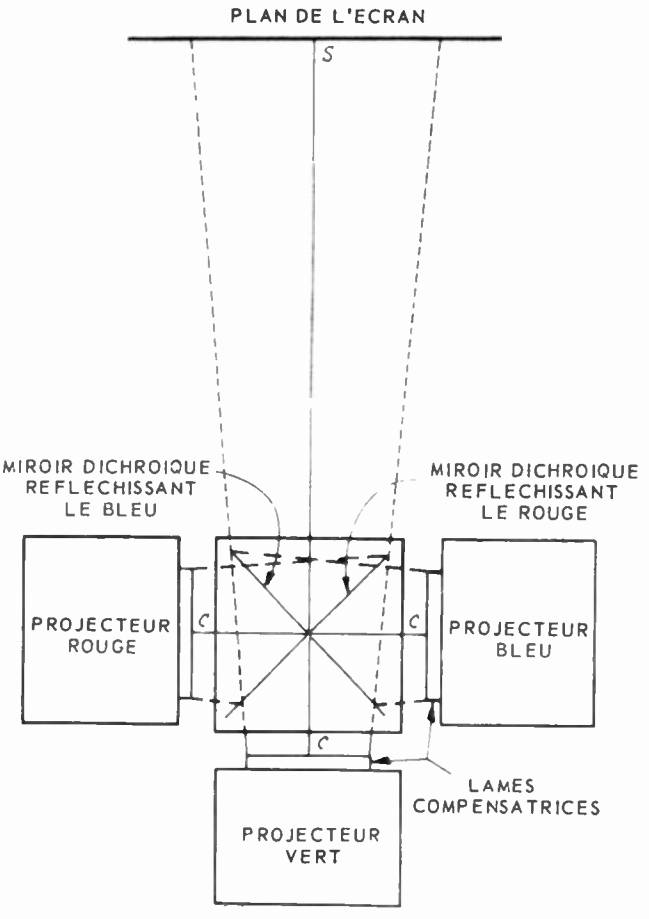


FIG. 10.

système. Afin d'obtenir un encombrement et un niveau de lumière acceptables, la superposition des images est effectuée à l'aide de trois optiques de Schmidt et de deux miroirs dichroïques croisés. HAZELTINE a fait récemment une démonstration de cet équipement.

Une des difficultés du dispositif à projection est

de conserver une bonne superposition. Il faut des stabilisations appropriées, mécaniques et électriques, pour que trois images projetées séparément demeurent superposées. Une sélection raisonnable des

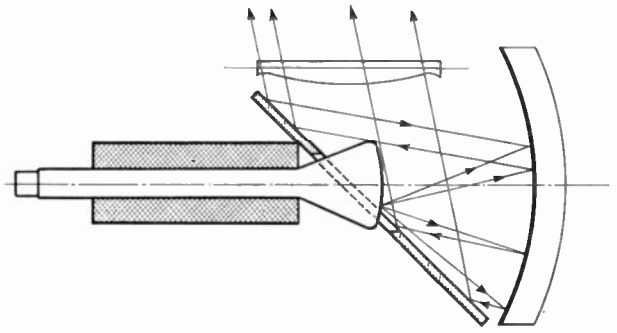
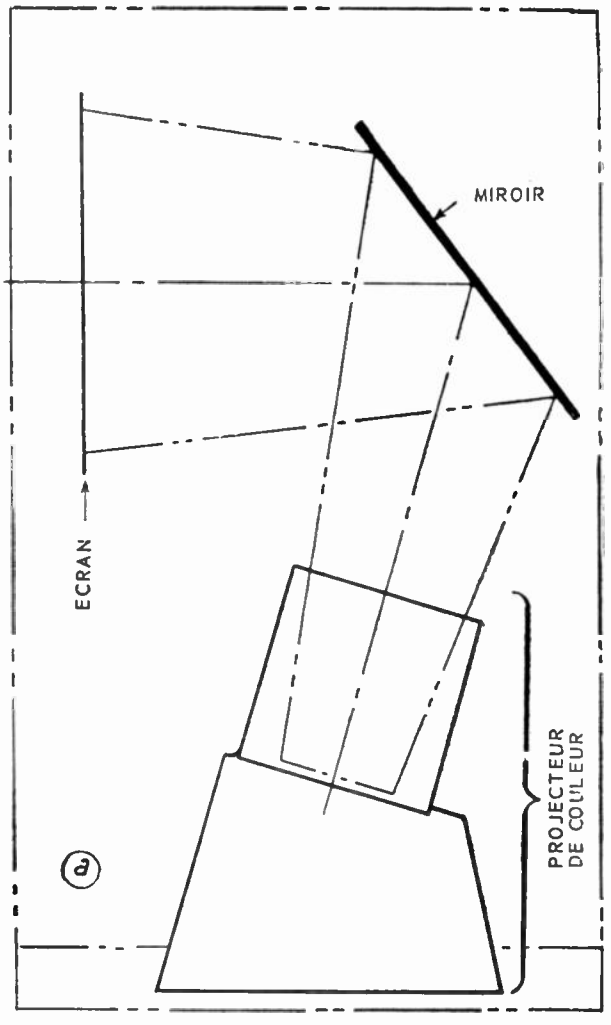


FIG. 11. — Optique de Schmidt utilisant un miroir plan et une lame compensatrice pour réduire les pertes de lumière dues aux bobines de focalisation et de déflexion.



bobines de déflexion a permis de réaliser la superposition des parties utiles de l'image, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des corrections dynamiques de convergence.

Dans le système à projection, dont on peut disposer de façon courante, la majeure partie de la lumière émise n'atteint pas l'écran. Il faut par suite utiliser une valeur de courant de faisceau relativement élevée pour obtenir en sortie une quantité de lumière acceptable. Comme la tension d'accélération est très élevée, la valeur du courant de faisceau est inférieure à celle du tube à masque, mais reste supérieure à celle des tubes à grille de focalisation. L'expérience semble indiquer que les détails de l'image sont bien reproduits. Cependant une certaine quantité de lumière diffusée parvient jusqu'à l'écran et dans l'état actuel de la technique, le contraste obtenu sur les grandes surfaces de l'image reste inférieur à celui du tube à masque.

Un des avantages du système à projection réside dans sa simplicité relative ainsi que dans la facilité de réglage des couleurs primaires ce qui explique la bonne gamme de couleurs de l'image.

Bien que d'un prix de revient élevé en raison du nombre des pièces détachées, ce système nécessite

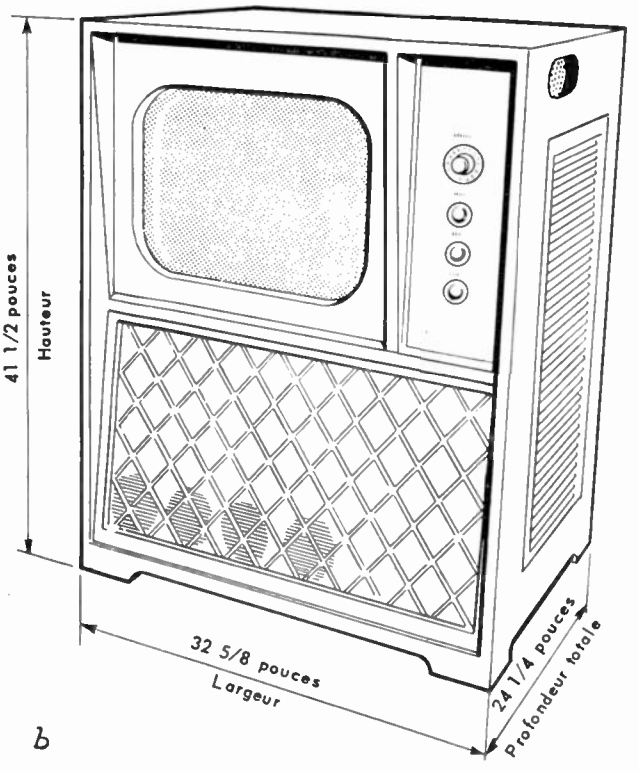


FIG. 12.

Récepteur console.
a) chemin lumineux entre le projecteur et l'écran.
b) dimensions et aspect extérieur.

un outillage de fabrication bien moins important que tous les autres procédés. Ce fait devrait retenir l'attention des pays où seule peut être envisagée la construction de petites séries de postes de télévision en couleurs.

Le tube à faisceau indexé.

Un autre dispositif, le tube à faisceau indexé, a fait l'objet d'un travail considérable. Dans ce cas le faisceau électronique, qui provient d'un seul canon, balaie des raies contiguës de phosphores rouge, vert

et bleu, l'indication de la position du faisceau de balayage étant fournie par un moyen approprié, par exemple une raie à émission secondaire (figure 13). La figure 14 précise le mode de construction de l'écran luminescent du tube indexé. Les raies de phosphores rouge, vert et bleu sont recouvertes

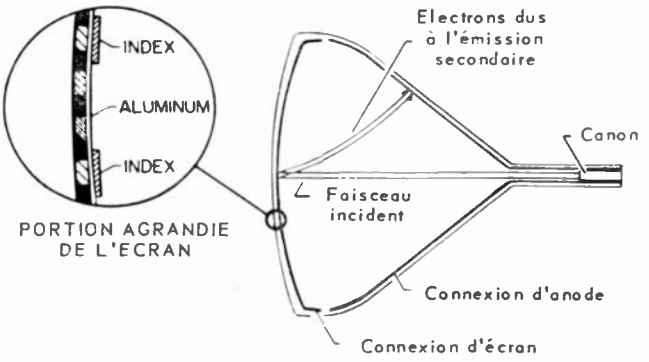


FIG. 13. — Tube « Apple » vu en coupe

d'une mince couche conductrice sur laquelle sont déposées les raies d'indexation du faisceau. Ces dernières sont alignées par rapport aux raies d'un

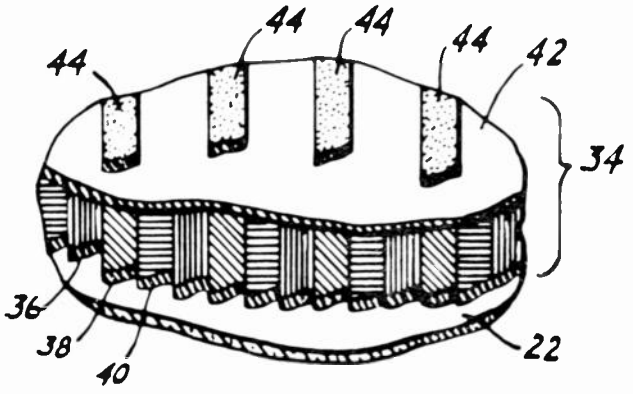


FIG. 14. — Ecran du tube à faisceau indexé.

phosphore déterminé. Lorsque le faisceau passe sur les raies d'indexation, on constate une augmentation du courant dû à l'émission secondaire, ce qui fournit l'information requise fig. 15. Il est interessant d'utiliser des raies disposées verticalement car dans ce cas un balayage horizontal classique effectue de lui-

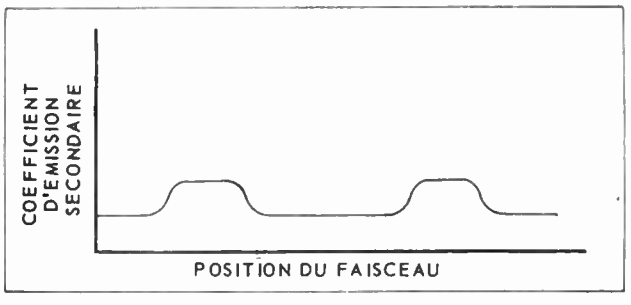


FIG. 15. — Forme du signal d'indexation Courant obtenu dans le cas où le réseau d'indexation est balayé par un faisceau à courant constant.

même la commutation à haute fréquence des raies de phosphores colorés.

Le tube à masque et le système à projection, avec leurs dispositifs annexes, constituent des organes complexes et chers, mais par contre les circuits qui délivrent le signal de couleur sont relativement simples et peu coûteux. Dans le cas du tube à faisceau indexé (tube « Apple »), une part de la complexité est transférée aux circuits, ceci afin de simplifier le tube. La figure 16 représente le schéma de principe utilisé.

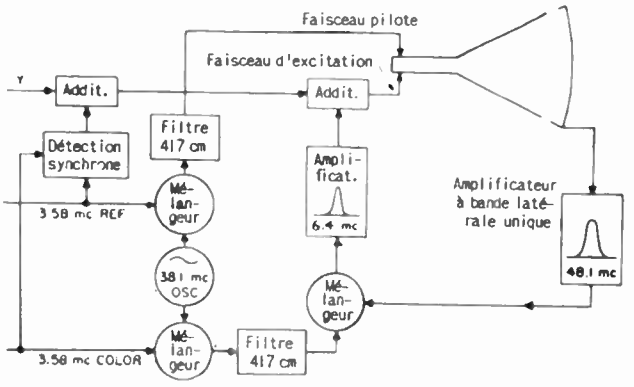


FIG. 16.

Le faisceau pilote (faisceau d'indexation) est modulé par un signal à 41, 7 Mc/s obtenu en faisant battre un oscillateur local à 38,1 Mc/S avec la fréquence de référence pour la couleur (3,58 Mc/s). Cette valeur élevée (41,7 Mc/s) a été choisie afin d'éviter toute interaction avec le faisceau d'excitation. Le faisceau pilote balaie les raies d'indexation à une cadence de 6.4 Mc/s. Il en résulte que le courant modulé dû à l'émission secondaire comporte une bande latérale à 41,7 + 6,4 = 48,1 Mc/s. Cette fréquence peut varier légèrement en raison de la non-linéarité du balayage. Le signal de chrominance à 3,58 Mc/s est amené à 41,7 Mc/s par un premier hétérodynage qui utilise l'oscillateur local à 38,1Mc/s. Un second battement a lieu avec le 48,1 Mc/s fourni par le faisceau d'indexation. Il en résulte un nouveau signal dont la fréquence nominale est 6,4 Mc/s et dont la phase et l'amplitude correspondent à celles du signal de chrominance de 3,58 Mc/s (lesquelles représentent respectivement la teinte et la saturation du point d'image). Le signal à 6,4 Mc/s est additionné au signal Y. En l'absence de couleur le signal Y est seul transmis ; aucune raie de phosphore n'étant favorisée, l'image est monochrome. Quand au contraire une information de couleur est reçue, la teinte et la saturation exactes, sont reproduites par une modulation du courant du faisceau d'excitation synchronisée sur le balayage. Le spectre du signal complet est représenté figure 17.

Dans le système N.T.S.C., le signal de brillance est :

$$Y = 0{,}59\,G + 0{,}30\,R + 0{,}11\,B$$

Dans le cas du tube à faisceau indexé, il faut pouvoir disposer de $M = \dfrac{G + R + B}{3}$ (figure 18).

De plus, ce dispositif de reproduction préfère utiliser un signal symétrique, où les vecteurs R, G et B

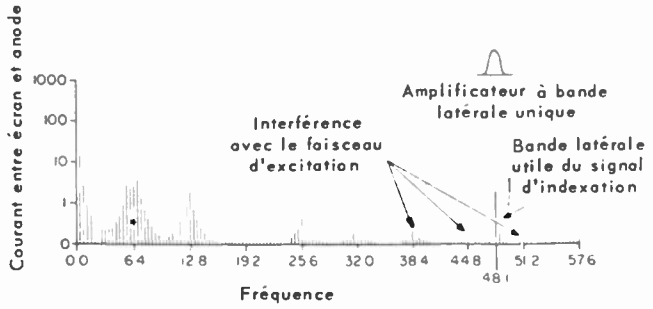


Fig. 17. — Spectre du signal global à l'entrée de l'amplificateur de la bande latérale unique.

sont disposés à 120° les uns des autres plutôt qu'un signal N.T.S.C. (figure 19).

où (R, B) = 117°
(B, G) = 106,3°
(G, R) = 136,70°

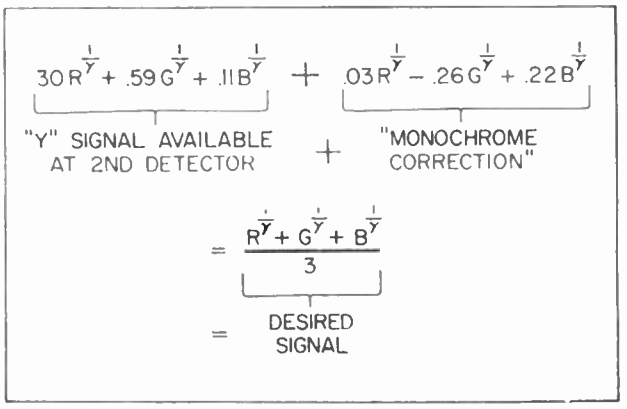


Fig. 18. — Addition, après la deuxième détection, du signal y et du signal de correction monochrome.

Des circuits permettant de changer Y en M sont incorporés au récepteur à tube « Apple ». Toutefois le signal de chrominance est habituellement utilisé sans modification de ses relations angulaires, l'ordre des couleurs est seul inversé. Il semble que l'un des problèmes majeurs de ce genre de tube soit l'obtention de couleurs pures. Il faut noter l'extrême finesse du spot nécessaire pour que soit seul excité le phosphore correspondant à une couleur déterminée. On peut s'attendre à ce que les dimensions du spot requises soient approximativement 5 à 10 fois plus petites que celles assurant une bonne résolution de l'image en noir et blanc. Autre point affectant la qualité d'image, le courant de faisceau ne peut jamais être entièrement coupé, même en présence d'un noir, car sinon le signal d'indexation serait perdu. Cette sujétion devrait entraîner une certaine limitation du contraste maximum.

Etant donné qu'il s'agit d'un tube à un seul canon et que la commutation des couleurs s'effectue réellement au niveau de l'écran luminescent, il ne peut y avoir de problèmes en ce qui concerne la superposition des images primaires ou la reproduction de l'échelle des gris.

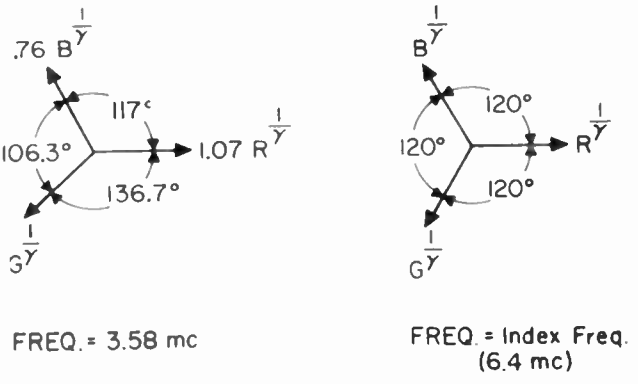


Fig. 19. — La sous-porteuse couleur après la deuxième détection et le signal utile.

Dans les premiers modèles, on pouvait nettement distinguer un réseau de lignes noires dû à l'espacement des raies du phosphore. La visibilité de ces lignes a été considérablement réduite par l'insertion de lentilles cylindriques.

Tableau récapitulatif.

Le tableau de la figure 20 essaie de noter, du point de vue des facteurs de la qualité d'image, les différents tubes dont nous avons discuté. En tête de chaque colonne est indiquée la nature du tube.

SM – 3g Tube à masque à trois canons.

Fm – 1g Tube à grille de focalisation à un seul canon.

P – 3t Système à projection à trois tubes.

FM – 3g Tube à grille de focalisation à trois canons.

BI – Vs Tube à faisceau indexé à raies verticales.

FACTEURS DE QUALITÉ D'IMAGE

	SM 3g	FM 1g	P 3t	FM 3g	BI vs
Contraste	2	0	1	0	1
Définition	1	0	2	1	2
Gamme des couleurs	1	0	2	0	0
Superposition	0	2	0	0	2
Echelle des gris	0	2	0	0	2
Mires	1	0	2	1	1

Fig. 20.

Chaque tube est noté sur les six points retenus de 0 à 2, 0 représentant la plus mauvaise note et 2 la meilleure. Il ne faudrait pas déduire d'une notation 0 que le fonctionnement du tube n'est pas correct. En fait tous les tubes mentionnés dans cet article sont capables de fournir des images acceptables.

En ce qui concerne le contraste, c'est le tube à masque qui obtient la meilleure note. Inversement nous sommes obligés de donner la plus mauvaise note au tube à grille de focalisation en raison princi-

palement de la diffusion des électrons et du plus grand nombre des surfaces transparentes. Nous avons attribué une note moyenne au système à projection pour la perte de contraste causée par l'optique. Nous avons de même donné une note moyenne au tube à faisceau indexé à cause du courant résiduel qui doit être maintenu dans les noirs pour permettre le fonctionnement du dispositif d'indexation du faisceau.

Du point de vue de la définition, le tube à masque obtient une note moyenne. Les détails fins de l'image sont en effet partiellement voilés par la mire de points propre à ce tube ainsi que par les dimensions du spot qui sont en rapport avec la valeur élevée du courant de faisceau. Nous avons donné la plus mauvaise note — et c'est là un résultat expérimental — au tube à grille de focalisation à un seul canon . Ceci doit résulter principalement de la valeur élevée du courant nécessaire au fonctionnement sous faible tension d'un canon à électrons. C'est de même un résultat expérimental que de bien noter le système à projection et ceci est vraisemblablement lié au fait qu'aucune mire parasite ne vient entraver la reproduction des détails. Nous avons — sans preuve — estimé que le tube à grille de focalisation à trois canons pourrait obtenir une note moyenne, car il nécessite des valeurs de courant de faisceau plus faibles que celles du tube à masque mais par contre ces courants sont émis par des canons à faible tension d'accélération. Dans le cas du tube à faisceau indexé, les dimensions du spot au niveau de l'écran doivent être suffisamment petites pour que soit assurée la reproduction de couleurs relativement saturées. Chaque fois que ce résultat est atteint, la définition du tube à faisceau indexé doit être bien notée.

Pour ce qui est de la gamme des couleurs, le système à projection reçoit la meilleure note. Une note moyenne est attribuée au tube à masque. Les performances de ce tube sont en effet quelque peu limitées par la qualité des phosphores existants ainsi que par la présence d'un certain nombre d'électrons diffusés pouvant exciter à contre temps les phosphores. Les tubes à grille de focalisation ont obtenu les plus mauvaises notes car l'expérience semble indiquer que dans ces tubes les phosphores sont souvent excités de façon malencontreuse par des électrons diffusés. Le tube à faisceau indexé est moins bien noté que le système à projection, car il faut utiliser un spot extrêmement fin pour obtenir une certaine pureté des couleurs.

En ce qui concerne la superposition des images primaires il suffit de distinguer deux cas ; ou bien il s'agit d'un dispositif utilisant trois canons et le problème est difficile à résoudre, ou bien le tube ne comporte qu'un seul canon et la commutation des couleurs est effectuée au voisinage de l'écran, auquel cas il n'y a pas de problème.

La reproduction de l'échelle des gris pose des problèmes très similaires. Dans le cas d'un dispositif utilisant trois canons la reproduction de l'échelle des gris offre des difficultés dont il faut tenir compte. Pour le tube à un canon, il suffit d'utiliser des circuits de mise en forme corrects du signal.

En ce qui concerne les mires parasites, nous avons donné la meilleure note au système à projection, l'image étant dépourvue de toute trame et de tout effet de moirage. Le tube à masque, le tube à grille de focalisation à trois canons et le tube à faisceau indexé ont obtenu une note moyenne du fait des mires légères, respectivement de points et de lignes, qui y figurent. Ces mires sont trop peu marquées pour être l'objet de critiques, il n'en faut pas moins en tenir compte dans l'appréciation de la qualité de l'image reçue. La plus mauvaise note a été attribuée au tube à grille de focalisation à un canon en raison des mires très visibles, qui apparaissent sur des rouges ou des bleus saturés, ces couleurs primaires ne disposant par rapport au vert que d'un nombre de raies moitié.

Seules sont parfaitement valables les comparaisons portant sur une même ligne horizontale du tableau. L'addition des chiffres figurant dans une même colonne ne donne pas nécessairement la note de qualité globale du tube. Effectuons cependant cette opération. Nous obtenons 8 pour le tube à faisceau indexé, 7 pour le système à projection, 5 pour le tube à masque, 4 pour le tube à grille de focalisation à un canon et 2 pour le tube à grille de focalisation à trois canons. Nous n'apporterons aucun commentaire aux notes obtenues par les tubes à faisceau indexé et à grille de focalisation à trois canons car l'expérience que nous avons de ces tubes est trop brève pour faire état de notre impression. Par contre il nous semble que la différence de qualité des images, telle que nous avons pu l'apprécier, entre le tube à masque à trois canons et le tube à grille de focalisation à un canon est plus importante que ne l'indique le rapport de 5 à 4 et corrélativement nous pouvons dire que la comparaison du système à projection avec le tube à masque à trois canons donne un résultat moins favorable que ne l'indique le rapport de 7 à 5.

Tubes disponibles.

Des tubes de chaque type ont été construits, un certain nombre dont le fonctionnement était satisfaisant a été exposé. Notons toutefois que le meilleur tube n'a pas d'intérêt tant qu'il n'est pas disponible en grande quantité. A l'heure actuelle, seul le tube à masque R.C.A. à trois canons est disponible. Philco a l'intention de produire en série le tube « Apple » dès que l'extension du marché justifiera l'importance de l'investissement d'outillage. De son côté Du Mont est en train de réétudier le chromatron de manière à le rendre plus attrayant sur le plan commercial. Les premiers tubes sortiront dans un an environ.

La Geco a arrêté, au moins provisoirement, ses recherches sur le tube à grille de focalisation à trois canons, ce tube lui paraissant trop coûteux pour qu'un récepteur en couleur revienne moins de 200 dollars plus cher qu'un récepteur noir et blanc. Ce fait est regrettable car ce tube avec ses circuits associés semblait devoir coûter nettement moins cher que le tube à masque à trois canons qui est actuellement le seul couramment disponible. La Geco semble reporter son effort sur le tube à faisceau indexé.

Hazeltine a interrompu, au moins temporairement, ses recherches sur le système à projection car, comparé au tube à masque, ce système ne semble pas être d'un prix compétitif. Le système à projection peut cependant être économiquement rentable dans des pays où le caractère limité des séries de fabrication ne justifie plus le coût élevé de l'outillage qui est nécessaire à la construction des autres tubes. C'est également le seul moyen à l'heure actuelle d'obtenir des images de grandes dimensions.

Estimation du cout relatif des divers systèmes de télévision en couleurs

Dans l'ordre du prix de revient croissant	Type	Performances relatives (3)
1 Prix le plus bas	Commutation de faisceau	5
2	Indexation de faisceau	3
3	3 Canons-Grille de focalisation	4
4	3 Canons-Tube à masque (1)	2
5 (2) Prix le plus élevé	Système à projection à 3 tubes	1

(1) Seul tube disponible commercialement en Juillet 1957.
(2) Le système à projection peut revenir le moins cher :
— dans les pays où la faiblesse de la production ne justifie pas un outillage coûteux.
— dans le cas des images de grandes dimensions.
(3) Le plus petit nombre indique la meilleure performance.

Autres communications de la Section II non publiées ici :

PHOSPHORES POUR LA TÉLÉVISION EN COULEURS

Conférence de MM. les Drs H.A. KLASENS et A. BRIL

Philips Research Laboratories
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
Eindhoven (Pays-Bas).

Résumé. *Lorsqu'on sélectionne les phosphores les plus adéquats pour des tubes trichromes et des tubes de projection pour la télévision en couleurs, il faut considérer les points suivants :*

a) la reproduction des couleurs ;

b) le rendement global ;

c) la qualité de l'image.

Pour obtenir la reproduction optimum des couleurs, les points figuratifs de chromaticité des phosphores doivent être aussi voisins que possible des sommets du diagramme de chromaticité. Pour calculer le flux lumineux émis par l'écran, on a choisi un blanc de coordonnées x = 0,310 *et* y = 0,316 *(illuminant C) car la plupart des objets présentent des couleurs désaturées. Le flux émis est déterminé par :*

1) *les rendements énergétiques des phosphores primaires ;*

2) *l'équivalent en lumens de la fluorescence des primaires ;*

3) *les coefficients dont sont affectés les flux émis par les primaires et qui sont proportionnels à l'inverse des coordonnées* y *des primaires.*

On montre que les propriétés lumineuses de l'écran dépendent principalement du choix du phosphore rouge et qu'il faut trouver un compromis entre la fidélité de reproduction des couleurs et la quantité de lumière émise. Pour un phosphore rouge idéal, la bande d'émission devrait être étroite et présenter, du côté des courtes longueurs d'onde, une coupure brutale située vers 6 100 Å. *Dans un dispositif à projection, on peut réaliser facilement une telle coupure au moyen d'un filtre rouge placé devant le tube de projection. Les électrons parasites et les défauts d'alignement du faisceau primaire d'électrons provoquent une altération des couleurs et une perte de contraste dans les tubes trichromes. La qualité de l'image peut être améliorée en réduisant les rendements des phosphores vert et bleu. Une telle compensation, qui peut être obtenue par exemple en utilisant des filtres convenables ou en diluant les phosphores, améliore en outre l'égalisation des gammas dans les tubes à trois canons ; en effet, lorsqu'on reproduit des couleurs proches du blanc, on utilise alors des parties identiques des caractéristiques des trois canons.*

On examine brièvement la question des phosphores à l'usage des tubes pour « flying spot ».

LE VIDICON A OXYDE DE PLOMB.

L. Heijne, *Philips Research Laboratories N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Pays-Bas).*

MESURE ET ÉVALUATION DE LA PURETÉ DE COULEUR DANS LES TUBES DE REPRODUCTION EN COULEURS.

J. C. Francken et R.R. Bathelt, *Philips Research Laboratories N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Pays-Bas).*

PROBLÈMES RELATIFS A LA RÉALISATION DE KINESCOPES POUR TÉLÉVISION EN COULEURS

Inge Bornemann, *Berlin (Rep. Dém. Allemande).*

LE PROCÉDÉ « DISPERSION »

Pierre M. G. Toulon, *Docteur ès sciences, Ingénieur E.S.E., Pittsburgh (U.S.A.).*

RESTITUTION DES IMAGES COLORÉES DE TÉLÉVISION A L'AIDE DE RÉSEAUX LENTICULAIRES

E. Allard, *Société Telco, Paris.*

LA COLORIMÉTRIE DES REPRODUCTEURS SÉQUENTIELS

Richard G. Clapp, *Philco Corp., Philadelphia, PA. (U.S.A.).*

TUBE DE REPRODUCTION EN COULEURS A POSTFOCALISATION.

E. F. de Haan et H. Zimmer, *Philips Research Laboratories N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Pays-Bas).*

UN DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE PROJECTION POUR TÉLÉVISION EN COULEURS

D. V. Ridgeway, *Pye Laboratories, London (Grande-Bretagne).*

OBJECTIF DE PROJECTION A MIROIR DE GRANDE OUVERTURE NUMÉRIQUE POUVANT ETRE UTILISÉ EN TÉLÉVISION

J. Pouleau, *Ingénieur à l'Institut d'Optique de Paris.*

LE TÉLÉCINÉMA E.M.I. A FLYING SPOT POUR LA TÉLÉVISION EN COULEURS

H.E. Holmann, *A.M.I.E.E.*, G. C. Newton, S. F. Quinn, *A.M.I.E.E., Electric and musical industries LTD., Hayes, Middlesex (Grande-Bretagne).*

COURBES DE RÉPONSE SPECTRALE DES DISPOSITIFS DE PRISE DE VUES POUR LA TÉLÉVISION EN COULEURS.

Dr A. K. Koustarev, *Ministère des Communications Postales et Télécommunications de l'U.R.S.S., Moscou.*

ENREGISTREMENT PHOTOGRAPHIQUE DES IMAGES DE TÉLÉVISION EN COULEURS SUR FILM GAUFRÉ

C.H. Evans et R. B. Smith, *Eastman Kodak Company, Rochester (U.S.A.).*

SECTION III

MESURES ET RÉSULTATS OBTENUS DANS LA RESTITUTION D'UNE IMAGE COLORÉE

Nous ne donnons ci-après que le titre des dix-huit communications présentées dans cette section, les sujets traités concernant des problèmes particuliers de reproduction des images colorées.

LA DÉFINITION DE LA QUALITÉ DE L'IMAGE DANS LA TÉLÉVISION EN NOIR ET BLANC ET EN COULEURS.

Dr-Ing. PETER NEIDHART, *Berlin.*

CONSIDÉRATIONS SUR LA COMPATIBILITÉ ET SUR LA DÉFINITION D'UNE IMAGE EN COULEURS COMPARÉE AVEC UNE IMAGE EN NOIR ET BLANC.

L. M. d'ATRI et U. PELLEGRINI, *Istituto Superiore delle Poste E Telecomunicazioni, Roma (Italie).*

EFFETS DES IMPULSIONS ALÉATOIRES DE BRUIT EN TÉLÉVISION EN COULEURS

P. S. CARNT, B. *Sc., A.M.I.E.E.* et G. B. TOWNSEND, *B. Sc., F. Inst. P., A.M.I.E.E., Research Laboratories of the General Electric Company Limited, Wembley (Grande-Bretagne).*

L'UTILISATION EN TÉLÉVISION DE LA WOBBULATION DE SPOT (S.W.) DE LA WOBBULATION DE SPOT SYNCHRONISÉE (S.S.W.) ET DE LA WOBBULATION DE SPOT SYNCHRONISÉE AVEC SONDAGE (S.S.S.W.).

L. C. JESTY, *B. Sc., M.I.E.E., Sylvania-Thorn Colour Television Laboratories LTD, Enfield, Middx. (Grande-Bretagne).*

LA RELATION ENTRE LES DIMENSIONS DE L'IMAGE, LA DISTANCE D'OBSERVATION ET LA QUALITÉ DE L'IMAGE, EN PARTICULIER DANS LE CADRE DES TECHNIQUES DE LA TÉLÉVISION EN COULEURS ET DE LA WOBBULATION DU SPOT.

L.C. JESTY, *B.Sc., M.I.E.E., Sylvania-Thorn Colour Television Laboratories LTD, Enfield, Middx. (Grande-Bretagne).*

AMÉLIORATION DU CONTRASTE DES DÉTAILS DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES PAR FILTRAGE DES FRÉQUENCES SPATIALES

A. MARÉCHAL, P. CROCE & K. DIETZEL, *Institut d'Optique, Paris.*

PRINCIPE D'UN APPAREIL POUR LA MESURE DU FACTEUR DE TRANSMISSION DES FRÉQUENCES SPATIALES DES OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

P. LACOMME, *Institut d'Optique, Paris.*

L'INFLUENCE DES ABERRATIONS SUR LA QUALITÉ DE L'IMAGE DONNÉE PAR DES SYSTÈMES OPTIQUES.

Dr H. H. HOPKINS. *Technical Optics Laboratory, Imperial College, London (Grande-Bretagne).*

MESURES INTERFÉROMÉTRIQUES DE LA RÉPONSE EN FRÉQUENCE, AVEC ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE.

D. Kelsall, *Technical Optics Laboratory, Imperial College, London (Grande-Bretagne).*

UN APPAREILLAGE D'ESSAI POUR LES LENTILLES.

K. G. Birch, *Technical Optics Laboratory, Imperial College, London (Grande-Bretagne).*

CALCUL DE L'INFLUENCE DE L'ABERRATION DE SPHÉRICITÉ SUR LA RÉPONSE EN FRÉQUENCE D'UNE LENTILLE.

A. M. Goodbody, *Technical Optics Laboratory, Imperial College, London (Grande-Bretagne).*

APODISATION ET RÉPONSE EN FRÉQUENCE EN LUMIÈRE INCOHÉRENTE.

J. A. Macdonald, *Imperial College of Science and Technology, London (Grande-Bretagne)*

ÉTUDE INTERFÉROMÉTRIQUE DU SPECTRE DE FOURIER DE L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE.

Jean Ch. Viénot, *Technical Optics Laboratory, Imperial College, London (Grande-Bretagne).*

LES SEUILS DIFFÉRENTIELS DE LUMINANCE EN TÉLÉVISION.

Application à la recherche des caractéristiques de luminance optimum d'une chaîne de télévision.

P. Billard, *Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée, Paris.*

AMÉLIORATION DU FACTEUR DE TRANSMISSION OPTIQUE.

A. Lohmann, *Physikalisches Institut der Techn. Hochschule, Braunschweig (Allemagne).*

THÉORIE DE TRANSMISSION D'UNE FIGURE OPTIQUE INCOHÉRENTE DU POINT DE VUE DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE.

W. Lukosz, *Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, Braunchsweig, (Allemagne).*

CALCUL DE LA LUMINANCE POUR UN RÉCEPTEUR DE TÉLÉVISION EN COULEURS

S. V. Novakovsky, *Ministère des Communications Postales et Télécommunications de l'U.R.S.S., Moscou (U.R.S.S.).*

L'UTILISATION DE LA FONCTION EXPONENTIELLE POUR DÉFINIR UNE ÉCHELLE UNIFORME DE CHROMATICITÉ.

R. Taguti et M. Sato, *Institute of Psychophysics, Tokyo (Japon).*

SECTION IV

SYSTÈMES DE CODAGE UTILISÉS POUR LA TRANSMISSION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION EN COULEURS

Nous avons pensé que les travaux de cette section intéresseraient particulièrement les lecteurs de l'Onde Electrique. *Cependant, faute de place, on ne trouvera ci-après que le texte de la conférence de M. J. Haantjes, le résumé de la conférence de M. le Dr R. E. Graham et la liste des autres communications de cette section, dont certaines concernant des systèmes déjà décrits dans des numéros précédents de* l'Onde Electrique *indiqués en référence. Mais on publiera dans un prochain numéro le texte d'un certain nombre de communications décrivant différents procédés de codage qu'on peut envisager pour la transmission des signaux de télévision en couleurs, ainsi que le texte de la communication de MM. Bernath et Brand, qui traite de l'influence des conditions de propagation sur la transmission des signaux de télévision en couleurs.*

ASPECTS PHYSIQUES DES SYSTÈMES DE CODAGE UTILISÉS EN TÉLÉVISION EN COULEURS

PAR

J. HAANTJES

Natuurkundig Laboratorium

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Pays-Bas).

Avant de discuter des facteurs à prendre en considération au moment du choix d'un système de codage pour la télévision en couleur, je voudrais faire le point pour le cas de la télévision monochrome. Du point de vue de l'ingénieur le système de codage doit permettre de donner une reproduction d'une scène réelle, telle que l'observateur ait l'impression de la continuité du mouvement et que l'image soit restituée avec une certaine définition. De plus l'ingénieur considère comme important que le signal transportant l'information nécessaire, occupe la bande de fréquence la plus petite possible. On connait le mode de raisonnement qui a conduit au choix des systèmes de transmission existants pour la télévision monochrome. Un certain nombre d'images par seconde était nécessaire pour donner l'illusion de la continuité du mouvement et assurer une protection raisonnable contre l'effet de scintillement. En Europe l'accord s'est fait sur le chiffre de 50 pour le nombre de trame par seconde probablement en raison du fait que ce chiffre coïncide partout avec la fréquence du secteur : cependant on ne s'est pas mis d'accord sur la finesse de définition à reproduire et comme aucun accord n'était intervenu sur cette question, des systèmes de transmission de télévision différents se sont développés en Europe, ce qui visiblement n'était pas l'intérêt général. Je ne veux pas insister plus longtemps sur cette situation déplorable, mais essayer de discuter jusqu'à quel point ce choix initial était justifié.

Bien des tentatives ont eu lieu pour réaliser un mode de transmission utilisant une largeur de bande moindre et procurant la même définition. L'entrelacement d'ordre élevé du balayage de ligne a été essayé sans beaucoup de succès. Le principe du balayage entrelacé de point a été décrit il y a quelques années par Boothroyd (1). On peut en expliquer l'idée en disant que l'on effectue d'abord l'analyse des éléments pairs le long d'une ligne de l'image, puis celle des éléments impairs. L'analyse complète de l'image est donc réalisée en quatre balayages verticaux de 1/50 de seconde. La largeur de bande nécessaire est la moitié de la valeur normale. Dans notre laboratoire, nous avons essayé, entre autres, une version de ce principe

dans laquelle deux signaux de télévision indépendants ont été transmis sur un canal commun de largeur de bande normale (2). Cela est apparu comme tout à fait faisable. Cependant on ne doit pas déclarer que les images transmises de cette manière ont exactement la même qualité que des images de télévision normale. On peut observer des effets de glissement de points semblables à l'effet bien connu de glissement de ligne dans une image de télévision normale. Le gain en largeur de bande obtenu par application du principe de l'entrelacement de point n'est donc pas de 2 mais moindre. Ceci est analogue au fait que l'utilisation de l'entrelacé de ligne donne aussi un gain réel inférieur à 2, puisqu'une image non entrelacée présente un bien meilleur aspect qu'une image entrelacée du même nombre de lignes.

Depuis l'origine de la télévision, la théorie de l'information s'est développée et est devenue très vite populaire parmi les ingénieurs des communications, presque aussi populaire que la télévision dans le public. Cette théorie nous fournit un étalon nous permettant de déterminer à quel point la méthode de transmission utilisée est appropriée. Si l'on estime que toute l'information presente actuellement dans un signal de télévision normale doit être utilisable à l'extrémité réceptrice, on trouve qu'il existe un degré de corrélation élevé entre les signaux des éléments successifs de l'image, des lignes successives et des images successives. Ceci est très clair si l'on considère par exemple deux balayages verticaux successifs constituant ensemble une image complète. Or selon la théorie de l'information, c'est là un mode de transmission de l'information très peu efficace. La théorie de l'information dit qu'on ne doit transmettre que l'information nouvelle et qu'il n'est pas nécessaire de transmettre à nouveau une information déjà connue. Cette façon de considérer le problème de la transmission a conduit de nombreux esprits à réfléchir à un système de codage dans lequel le signal transmis transporterait plus d'information essentielle. On a proposé plusieurs méthodes mais la plupart de ces systèmes n'ont pas encore dépassé le bureau de leurs créateurs et, autant que je sache, les expériences, si elles ont eu lieu, n'ont rencontré que très peu de succès et ont toujours donné naissance à un équipement très compliqué. Par cette remarque je ne veux pas dire que tous ces efforts soient destinés à être inutiles. Il est tout à fait possible que nous n'ayons pas encore à notre disposition les outils convenables pour réaliser toutes nos idées et que ces outils soient réalisés dans l'avenir. Un exemple d'un tel outil dont nous aurons certainement besoin est un bon dispositif à mémoire.

La théorie de l'information nous a déjà appris que notre mode de transmission de l'information en télévision n'était pas très efficace. Cependant nous pouvons aussi tenir compte des propriétés de l'œil humain. Il semble que ce soit une façon d'aborder notre sujet beaucoup plus fondamentale. Il est permis de se demander si l'œil humain estcapable de percevoir toute l'information présente dans un signal de télévision.

Des chercheurs prétendent que l'œil humain ne peut s'accommoder de plus de 40 à 50 bits par seconde seulement pour parler le langage de la théorie de l'information. Aux Etats-Unis M. Sziklai (3) est arrivé à cette conclusion après avoir fait des expériences dans lesquelles on montrait pendant un court instant à des observateurs des images contenant un certain nombre d'objets bien connus. Les observateurs devaient dire combien d'objets ils pouvaient reconnaitre pendant ce temps. En supposant que le nombre total d'objets présentés est de l'ordre de mille dix bits d'information sont suffisants pour extraire l'un d'eux. M. Sziklai a trouvé qu'il y a très peu de variation entre les divers observateurs au point de vue de l'identification de ces images en un temps donné et il conclut que l'œil humain ne peut s'accomoder de plus de 40 à 50 bits/s. On peut comparer ceci avec le nombre de bits présents dans un signal de télévision. Un tel signal pour une image à 625 lignes donne par exemple la valeur de 10^7 éléments d'images par seconde. Si le rapport signal sur bruit dans l'image est tel que l'on puisse distinguer 32 niveaux de signal, le niveau de chaque élément est déterminé par 5 bits. L'information totale du signal de télévision est donc de 50.10^6 bits/s. Nous sommes donc en présence du fait remarquable qu'un bon signal de télévision peut fournir un million de fois plus d'information que l'œil n'est capable d'en utiliser. Remarquons ici que la capacité de l'oreille humaine est pratiquement la même. Il est donc surprenant que l'oreille puisse se satisfaire avec un signal occupant une largeur de bande de 10 à 15 kc/s tandis que la bande dont on a besoin en télévision est quelques centaines de fois plus large. Il semble donc que nous fassions tout à fait fausse route. Quelle peut-être la raison de cette contradiction ?

On peut citer plusieurs propriétés caractéristiques de l'œil humain que l'on peut certainement considérer comme responsables à quelque degré. Par exemple le fait que l'œil n'est capable de voir les détails fins que dans un angle très petit (inférieur à deux degrés) et que hors de cet angle son pouvoir de résolution tombe assez rapidement. Aussi si l'on observe une image de télévision dans les conditions normales de vision (distance de 5 à 6 fois la hauteur de l'écran), la partie de l'image que l'œil peut voir en détail à un instant donné n'est qu'un faible pourcentage de l'image totale. La difficulté est qu'il est impossible de prévoir quelle partie de l'image sera examinée le plus en détail, puisque l'œil est libre d'explorer toute la surface de l'image, ce qu'il fait effectivement. Si l'on pouvait trouver des moyens pour ne donner les détails fins que dans la zone de de l'image que l'œil examine à un instant donné, on pourrait obtenir une économie substan'ielle dans la quantité d'information à transmettre. Il est très peu probable de trouver un jour une telle méthode. C'est grand dommage, car cet effet est pour beaucoup dans la contradiction entre la capacité d'un canal de télévision et celle de l'œil humain.

Un autre phénomène en cause est la rapidité d'observation de l'œil humain. En télévision nous donnons

ou au moins nous pouvons donner une image nouvelle complète chaque 1/25 de seconde. On sait que pendant ce court instant l'œil n'est pas capable de percevoir beaucoup du contenu de l'image. Des expériences sur cette propriété de l'œil ont été faites en insérant pendant 1/25 de seconde dans une image stable de télévision une image de contenu différent. [3]. L'œil perçoit seulement qu'il y a eu quelque chose d'autre sans être capable de préciser quoi. Ainsi l'œil a besoin de plus de temps pour reconnaître une image et c'est encore une raison de notre contradiction.

Une autre propriété de l'œil de nature tout à fait différente est que sa faculté de percevoir les nuances dans une image diminue avec la dimension de l'objet. Des recherches sur ce sujet ont été faites par KRETZMER [4] qui a séparé le signal de télévision en composantes basse-fréquence et haute-fréquence. En quantifiant les hautes fréquences et en les transmettant au moyen d'un système de codage approprié qui autorise moins de degrés discernables de nuances, il a pu réduire la capacité de canal nécessaire. J'ai cité ici quelques propriétés de l'œil humain que l'on doit considérer si l'on souhaite aboutir à un système de codage qui transmette de façon plus essentielle la seule information nécessaire à l'œil. Je n'ai pas essayé de faire une revue complète de toutes les propriétés de l'œil en cause, mais j'ai voulu mettre en évidence le fait qu'on n'a pas encore trouvé un système de codage pour la télévision nécessitant une capacité de canal qui ne soit pas beaucoup plus grande que celle de l'œil humain et qui serait aussi raisonnable du point de vue de la théorie de l'information. En même temps je voudrais cependant exprimer quelque doute sur l'opportunité d'un tel système. Il est sans doute très désirable du point de vue économie de largeur de bande mais on souhaite aussi utiliser un équipement simple et économique. Ceci est très important pour la radiodiffusion, car les récepteurs se comptent par millions. Il me semble donc très difficile de déterminer quelles doivent être exactement les propriétés d'un système de codage pour radiodiffusion.

Après cette courte revue de la situation en télévision monochrome, au cours de laquelle il est apparu clairement que la justification de l'emploi du système de codage existant est douteuse, nous porterons maintenant notre attention sur le problème du système de codage pour télévision en couleur.

Il est clair qu'il convient tout d'abord de considérer quelques unes des propriétés de l'œil humain qui jouent un rôle dans la perception des images colorées. On sait depuis MAXWELL que l'œil peut-être parfaitement satisfait d'une reproduction d'une image en couleur si cette image est constituée par l'addition de trois images, chacune correspondant à l'une des couleurs primaires rouge, vert et bleu. Ce phénomène permet déjà de conclure que si l'on transmet trois signaux de télévision représentant respectivement le contenu rouge, vert ou bleu de l'image, cette information est suffisante pour reproduire une image en couleur satisfaisante. Cependant cela signifie que la télévision en couleur a besoin de trois fois la largeur de bande d'un signal monochrome. La largeur de bande étant quelque chose de très précieux il est évidemment souhaitable d'en utiliser moins. Pour mieux juger de la réduction possible de largeur de bande que l'on peut utiliser, il est nécessaire d'examiner quelques autres propriétés de l'œil.

On peut se demander si l'œil est capable de voir autant de détail dans les images en couleur que dans les images monochromes. Il faut répondre oui, si l'on observe des images dans l'une des couleurs primaires seulement. Des expériences effectuées par BOUTRY et BILLARD [5] sur ce sujet, on peut conclure que l'œil humain voit approximativement autant de détails dans toutes les couleurs pourvu que les niveaux de luminosité soient les mêmes. Cependant une image en couleur n'est pas habituellement une image d'une seule couleur et en raison de l'aberration chromatique de l'œil on ne peut pas voir de façon précise les détails dans les différentes couleurs au même instant sur une certaine surface d'image. On peut montrer cet effet par l'expérience suivante. On constitue une mire de lignes alternativement de couleur différente par exemple rouge et vert. La luminosité de ces lignes en rouge et vert est approximativement la même. Si l'on examine l'image à une distance appropriée les lignes rouges et aussi les lignes vertes sont vues en détail, si elles sont seules. Lorsqu'elles existent ensemble, l'œil a l'impression d'une mire constituée de lignes jaunâtres plus ou moins claires et foncées. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'œil ne peut accommoder que l'une des couleurs. Dans l'œil l'image floue de l'autre s'additionne. L'ensemble donne l'impression d'une structure de lignes claires et foncées.

Cette démonstration prouve clairement l'inaptitude de l'œil à voir tous les détails dans les différentes couleurs en même temps ; au contraire le détail dans une couleur gâte le détail dans une autre couleur.

On a fait d'autres expériences qui ont trait à la question de la largeur de bande en télévision en couleur. Aux *Bell Laboratories* BALDWIN [6] a étudié un projecteur d'images colorées de telle sorte qu'on puisse défocaliser séparément les images rouge, bleue et verte d'une quantité connue. De ses expériences on peut conclure que l'image rouge peut-être défocalisée considérablement et l'image bleue de façon très appréciable sans nuire beaucoup à l'image totale.

L'image verte transporte généralement la plus grande part de la luminance d'une image colorée, l'image rouge déjà moins tandis que la bleue y contribue le moins (seulement 10 % pour le blanc). La proportion exacte dépend évidemment du choix des couleurs primaires.

Les expériences de BALDWIN conduisent à supposer qu'il est important de reproduire la compo-

sante de luminosité des images colorées avec tous ses détails. Ceci est également confirmé par le fait connu depuis longtemps qu'il est possible de faire de bonnes images en couleur par addition de couleur de façon assez grossière à une image noir et blanc comportant les détails.

C'est le mérite des ingénieurs américains conjuguant leurs efforts dans leur *National Television System Committee*, d'avoir travaillé à cette idée et d'avoir montré qu'il est important de constituer à partir des trois signaux primaires un nouveau signal nommé signal de luminance. Ce signal est une combinaison des trois signaux primaires qui sont additionnés avec un poids correspondant à la sensibilité relative de l'œil à ces couleurs primaires. Deux autres combinaisons indépendantes des trois signaux primaires représentent alors uniquement la couleur de l'image et n'interviennent plus dans la luminosité.

On a constaté que des images en couleur produites à partir d'un tel signal de luminance de largeur de bande normale et de signaux de couleur de largeur de bande très réduite donnent une reproduction très satisfaisante d'une image en couleur. L'honneur de cette œuvre revient spécialement à LOUGHLIN [7] des *Hazeltine Laboratories* qui a formulé le premier ces idées et a également conduit les expériences.

Il reste le problème de savoir comment il faut transmettre l'information colorée de l'image. Aux Etats-Unis où la télévision monochrome était fermement établie on a estimé qu'il serait très avantageux de trouver des moyens pour émettre le signal de luminance et les signaux de couleur simultanément à l'intérieur d'un canal de télévision normal. On a également estimé qu'il serait souhaitable que les récepteurs monochromes existants puissent recevoir le signal en couleur et reproduire l'image en noir et blanc. A l'égard de cette dernière condition, la conception du signal de luminance était très heureuse parce que ce signal est précisément ce qu'il devrait être pour la télévision monochrome. Cependant il restait à trouver quelque chose de spécial pour les deux signaux de couleur restants.

Connaissant l'incapacité de l'œil à percevoir toute l'information présente dans un signal de télévision on ne sera pas surpris que l'on puisse ajouter à un signal de télevision un signal invisible ou à peine visible dans la reproduction. Ce signal est par exemple une sinusoïde de fréquence égale à un multiple impair de la demi-fréquence ligne. Les effets de cette sinusoïde sur une image sont en première approximation compensés par les effets sur les images suivantes. Ceci est dû à une intégration de l'impression lumineuse des images successives dans l'œil humain ou dans le cerveau. On peut observer cependant des effets stroboscopiques dus au glissement de points, mais leur gêne diminue quand la fréquence augmente.

Aux Etats-Unis on a mis en œuvre un système dans lequel on utilise une telle fréquence comme sous-porteuse placée près de la limite supérieure de la bande de luminance. Cette sous-porteuse est modulée en amplitude sur une phase par l'un des signaux de couleur et sur une autre phase différente de 90 degrés par l'autre signal de couleur. Le signal modulé en phase est appelé signal I, le signal modulé en quadrature signal Q. Pour séparer dans le récepteur ces signaux l'un de l'autre et du signal de luminance on utilise la détection synchrone. On peut dire que ce procédé consiste en une multiplication du signal par la fréquence de la sous-porteuse. Par suite il est nécessaire de connaître à la réception la fréquence et la phase de la sous-porteuse non modulée. Pour obtenir cette information une courte « salve » de cette fréquence est transmise pendant chaque palier de suppression de ligne. Ceci permet une régénération de la sous-porteuse dans le récepteur avec une grande précision pourvu qu'on emploie des méthodes appropriées.

Ce système, tel qu'il a été esquissé ici, a été officiellement présenté aux Etats-Unis à la fin de 1953. Depuis lors la télévision en couleur n'a pas progressé à grands pas aux Etats-Unis mais personne n'attribue ce fait au choix du système de transmission. Au contraire on pense généralement que le système de transmission fonctionne très bien.

Evidemment le système NTSC n'est pas l'unique système en couleur qu'on ait proposé. Le système CBS existait déjà avant. Ces inconvénients principaux sont le manque de compatibilité avec la télévision monochrome existante et on peut dire aussi qu'il ne tire pas un profit suffisant des propriétés de l'œil, car il transmet les trois signaux primaires avec la même définition, ce qui signifie qu'en principe il utilise trois fois la largeur de bande d'une image monochrome.

On a proposé quelques autres systèmes qui ont en commun avec le système NTSC qu'on transmet un signal de luminance et deux signaux de couleur. Un exemple d'un tel système a été expérimenté assez à fond dans notre laboratoire par TEER [8] qui utilisait deux sous-porteuses modulées en amplitude par les signaux rouge et bleu à bande étroite. Il a trouvé une combinaison de deux fréquences sous-porteuses très peu visible sur une image de télévision. Ce système évite la détection synchrone dans le récepteur et permet donc un montage de récepteur plus simple. En évaluant les mérites comparés de ce système et du système NTSC on a trouvé qu'il a un rapport signal sur bruit plus bas pour les signaux de couleur, si l'on emploie la même amplitude maximum pour le signal total de chrominance que dans le système NTSC.

Il y a un avantage supplémentaire du système NTSC sur tous les autres systèmes qui proposent de transmettre deux signaux de couleur à bande étroite. Les signaux I et Q du système NTSC sont des combinaisons linéaires des signaux « différence de couleur » B–Y et R–Y. Ces signaux sont à bande limitée et ils peuvent être reconstitués dans le récepteur.

Or, dans tous les dispositifs de restitution connus l'image est obtenue par addition d'images rouge, verte et bleue. Dans la voie commandant la lumière

rouge, on a besoin d'un signal de la forme $R^x + Y - Y^x$, où Y^x représente un signal Y ayant subit la même limitation de bande que le signal R^x. Dans la transmission NTSC on obtient ce signal de façon simple par addition du signal à bande étroite R – Y au signal à large bande Y : $(R - Y)^x + Y$.

Dans notre système à deux sous-porteuses nous disposions seulement de Y et de R^x et il fallait fabriquer Y^x dans le récepteur à partir du signal Y. Ceci peut-être difficile car on ne sait pas dans quelle mesure le signal R^x a pu être distordu dans l'ensemble du canal de transmission. Nous avons rencontré ces difficultés dans nos expériences sur le système à deux sous-porteuses et nous sommes arrivés à la conclusion qu'il est très avantageux de transmettre les signaux « différence de couleur » comme le fait le système NTSC.

Je pense donc que au point de vue des propriétés de l'œil et pour l'économie de largeur de bande le système NTSC présente les meilleures propriétés de de tous les systèmes proposés.

Si un tel système doit être introduit en Europe il sera sage d'essayer de trouver la meilleure méthode pour l'adapter aux standards existants. Comme la majorité des Pays d'Europe utilisent le système à 625 lignes avec un canal de 7 Mc/s de large et un écart entre les porteuses de 5,5 Mc/s, nous allons étudier ce cas plus en détail. Il faut déterminer quel sera le meilleur choix pour la sous-porteuse et pour la largeur de bande des signaux de couleur.

Aux Etats-Unis le choix de la sous-porteuse dépendait de plusieurs facteurs. Une fréquence élevée était favorable pour la compatibilité, elle simplifiait la séparation de la luminance et des signaux de couleur et elle diminuait les effets visibles de perturbation des signaux de chrominance par le signal de luminance. Un battement possible entre la porteuse son et la sous-porteuse aurait cependant une fréquence plus basse et serait donc très visible si cette fréquence de battement pénétrait dans les voies de luminance ou de chrominance.

De plus une sous-porteuse à fréquence élevée n'autorise qu'une largeur de bande très limitée pour la bande supérieure des signaux de chrominance. Ceci est dû au fait qu'il est impossible de transmettre les deux signaux de couleur tous deux en bandes latérales asymétriques sur une sous-porteuse, car il se produit dans ce cas un brouillage sérieux entre les deux signaux de couleur. Cependant les Américains eurent l'idée de transmettre l'un des signaux (celui à bande la plus étroite, le signal Q) avec deux bandes latérales et celui à bande la plus large le signal I, en bandes latérales asymétriques et qu'en faisant ainsi on éviterait le brouillage entre les deux signaux de couleur. En ce sens le bon compromis s'est révélé être une fréquence de sous-porteuse de 3,6 Mc/s, un signal I avec une bande de 1,3 Mc/s et un signal Q avec une bande de 0,5 Mc/s (fig. 1). Leur choix des différentes largeurs de bande des signaux I et Q semble s'appuyer sur le fait que l'œil paraît plus sensible aux détails colorés dans la direction I (orange à bleu-vert) que dans la direction Q (vert à pourpre).

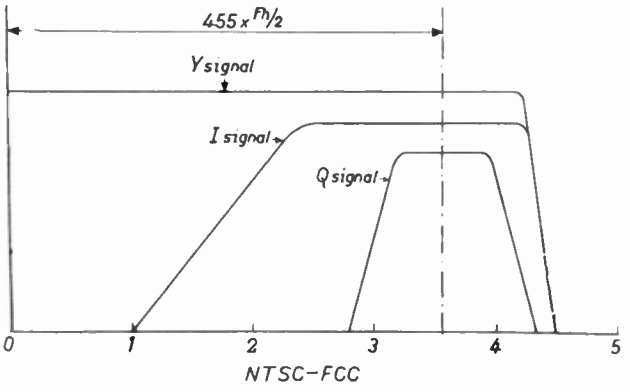


FIG. 1

Nous avons en Europe dans notre système à 625 lignes 1 Mc/s de bande de plus qu'aux Etats-Unis et nous pouvons penser avoir plus de liberté dans le choix des paramètres de notre système.

Dans notre laboratoire des expériences ont été montées pour déterminer la valeur optimum de ces paramètres. Tout d'abord on a réalisé un système que l'on peut considérer comme une copie à l'échelle du système américain. La sous-porteuse était à 4,43 Mc/s. Les bandes des signaux I et Q étaient sensiblement les mêmes que dans le système NTSC (fig. 2). Or aux Etats-Unis on a constaté que les largeurs de bande différentes des signaux I et Q

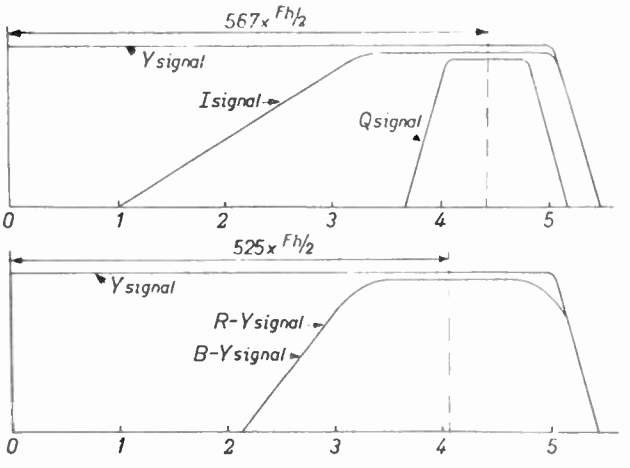


FIG. 2

engendraient une certaine complication des récepteurs. C'est pourquoi de nombreux récepteurs américains n'utilisent que l'information présente à la fois dans les deux bandes latérales, ce qui permet une simplification du récepteur. Cette méthode connue sous le nom de détection équibande ne tire pas, bien entendu, complètement parti de toute l'information présente.

On a donc jugé qu'il valait la peine d'envisager aussi la possibilité d'une fréquence de sous-porteuse plus basse avec une modulation à deux bandes latérales de largeur plus grande. Un système a été établi avec une sous-porteuse de 4,1 Mc/s et une

modulation à deux bandes latérales des signaux I et Q avec une largeur de bande de 0,9 Mc/s, et on a essayé de comparer ce système au premier. Il n'est pas apparu de très grande différence dans la qualité des images en couleur et il était parfois difficile de dire si les différences constatées étaient dues aux systèmes ou à certaines imperfections dans les équipements. La seule conclusion qui put être tirée avec certitude fut que la visibilité de la sous-porteuse de 4,1 Mc/s bien que supérieure à celle de la sous-porteuse de 4,33 Mc/s pouvait être considérée comme tolérable sur les récepteurs monochrome de bonne qualité existants.

La difficulté de juger des résultats de la transmission des images en couleurs par les deux systèmes nous conduit à considérer les effets qui peuvent apparaître séparément. On a donc essayé de rendre visibles en eux-mêmes les effets de la limitation de bande. Dans ce but M. Davidse de notre laboratoire a réalisé un équipement permettant de comparer des images en couleur constituées à partir d'un signal de luminance de bande 5 Mc/s et de signaux de couleur de bandes diverses. Pour cette expérience les signaux I et Q n'étaient donc pas modulés sur une sous-porteuse dans la bande video mais injectés séparément.

A partir des trois signaux Y, I et Q on a constitué les trois signaux nécessaires pour commander un tube couleur à trois canons et on a observé les résultats sur ce tube. Il y avait quatre possibilités.

	bande du signal I	bande du signal Q
1	0,5	0,5
2	1,3	0,5
3	0,9	0,9
4	1,6	0,9

En tournant un commutateur on pouvait passer d'un état à l'un des autres et donc faire une comparaison assez directe. Au cours de ces expériences il est apparu que les effets de limitation de bande des signaux de couleur n'étaient pas vus par l'œil en premier lieu comme des insuffisances dans la reproduction de couleur, mais comme des erreurs de luminance, qui se produisent. Ces erreurs de luminance sont dues au fait qu'il faut introduire une correction de γ sur les signaux, car pour le moment tous les dispositifs de reproduction connus ont une caractéristique courbée avec un γ de l'ordre de 2,5. On réalise ceci en transformant d'abord les trois signaux primaires en $R^{\frac{1}{\gamma}}$, $G^{\frac{1}{\gamma}}$ et $B^{\frac{1}{\gamma}}$ et en formant ensuite avec ces signaux les signaux Y, I et Q. Ceci cause plusieurs défauts et l'un deux est que lorsqu'il se produit une transition de couleur il en résulte aussi une variation de luminosité de l'image, même s'il n'y avait pas de variation dans le signal de luminance.

Cet effet a été entièrement analysé par Richman [9] dans un article qui est paru dans le numéro de Septembre de l'année dernière des P.I.R.E. Je vais vous montrer quels sont ces effets sur une image en couleur par quelques photographies prises sur l'écran d'un tube en couleurs directes. Nous n'avons pas pu trouver de fournitures photographiques utilisant des couleurs primaires suffisamment identiques à celles de notre système en couleur. La reproduction des couleurs est donc quelque peu erronée mais les vues montrent clairement les effets en question.

A partir de ces diapositives il est clair que les transitions de couleur aussi bien dans la direction I que dans la direction Q s'accompagnent d'erreurs de luminance, appelées « entailles de luminance ». Ces entailles semblent être déterminées par la limitation de bande tolérable, car elles diminuent graduellement pour une bande plus grande des signaux de couleur. Comme ces défauts se produisent aussi bien dans les transitions I que dans les transitions Q, il ne semble pas y avoir de raison pour traiter différemment les signaux I et Q dans un système de transmission en couleur. Cependant par l'examen de ces clichés, on trouve dans les images réelles avec signaux I et Q à bande réduite très peu de défauts dus à une transition *Q* mais bien plus dans les transitions I. On peut supposer que la raison en est que les transitions Q se produisent dans les images réelles beaucoup moins souvent que les transitions I. On peut déjà le montrer en omettant l'information Q dans une image. Le résultat est encore une image en couleur raisonnable. Si l'information I est supprimée le résultat est assez médiocre.

Pour obtenir quelque indication sur la présence relative des signaux I et Q, M. Davidse a réalisé un dispositif qui permet la mesure de l'exécution moyenne d'un signal $\overline{Q - \overline{Q}}$ la moyenne portant sur une image complète. On a constaté par exemple que dans les clichés NTSC couramment employés la valeur de cette quantité était en moyenne 3 fois et demi plus grande pour le signal I que pour le signal Q. Nous avons essayé aussi des scènes en studio garnies assez arbitrairement d'objets colorés par des gens ignorant l'existence des signaux I et Q et dans ce cas le rapport trouvé était en moyenne légèrement supérieur à 2. La conclusion à tirer de ces expériences est que, puisque les transitions I se produisent plus fréquemment que les transitions Q, on doit prendre plus de soin du signal I que du signal Q. Ceci signifie qu'il est avantageux d'attribuer plus de bande au signal I qu'au signal Q. D'autre part il est clair également que la largeur de bande Q ne doit pas être trop réduite, car une transition Q complète ne sera pas très bien reproduite avec une bande limitée. Au point de vue limitation de bande des signaux colorés il semble donc judicieux de choisir la sous-porteuse plus basse. En choisissant 4,1 Mc/s, la bande du signal Q peut être de 0,9 Mc/s et celle du signal I peut être prise plus large. Cependant on doit tenir compte d'autres phénomènes. J'ai déjà signalé le brouillage existant entre les signaux de luminance et de chrominance. Il y a également le fait que le signal de luminance sera relativement plus perturbé si la sous-porteuse est prise assez basse. Tous ses effets sont encore à l'étude dans notre laboratoire et il est donc un peu trop tôt pour donner une

conclusion sur le meilleur choix de la sous-porteuse pour le moment. Nous espérons être en mesure de terminer ces expériences dans les prochains mois.

BIBLIOGRAPHIE

[1] W. Boothroyd, Dot systems for Colour Televison, *Electronics*, 22, 88, 1949 and 23, 96, 1950.

[2] J. Haantjes and K. Teer, Multiplex Television Transmission *Wireless Engineer*, 31, 233 and 266, 1954.

[3] G.C. Sziklai, Some Studies in the Speed of Visual Perception *Trans I.R.E.I.T.*, 2, 125, 1956.

[4] E.R. Kretzmer, Reduced Alphabet Representation of T.V. Signal, *Conv. Rec. I.R.E.*, 4, 1956, I.T. III

[5] G.A. Boutry and P. Billard, Le Comportement de l'œil et la transmission rationnelle d'images simultanées, *L'Onde Electrique*, 34, 824, 1954.

[6] M.W. Baldwin Jr, Subjective Sharpness of Additive Color Pictures, *Proc. I.R.E.*, 39, 1173, 1951.

[7] B.D. Loughlin, Recent Improvements in Band-shared Simultaneous Color-Television Systems, *Proc. I.R.E.*, 39, 1264, 1951

[8] J. Haantjes and K. Teer, Compatible Colour Televison, *Wireless Eng*, 33, 3 and 39, 1956.

[9] D. Richman, Directions of Improvement in NTSC Color Television Systems, *Proc. I.R.E.*, 44, 1125, 1956.

Autres communications de la Section III non publiées ici :

THÉORIE DES COMMUNICATIONS APPLIQUÉE AU CODAGE EN TÉLÉVISION.

Conférence de M. le Dr. R.E. GRAHAM

Bell Telephone Laboratories Inc., Murray Hill, New Jersey (U. S. A.).

Résumé. *On décrit les moyens de coder un signal de télévision continu pour en assurer la transmission économique.*

Deux catégories de techniques possibles sont proposées : « gauchissement du temps » et « hyperquantisation » : on indique certaines de leurs caractéristiques.

On décrit une expérience dans laquelle un observateur fait point par point la prévision d'une image de télévision ; l'économie de bande résultante, réalisée par codage statistique, est calculée par la méthode statistique d'erreurs de prévision. On signale certains inconvénients du codage simple par erreurs de prévision, parmi lesquels les effets du bruit aléatoire contenu dans le signal initial et le désavantage de l'emploi de la quantification habituelle d'amplitude effectuée avant le codage. Ces limitations sont partiellement évitées en utilisant un autre principe mettant en jeu la description numérique caractéristique de l'image originale.

Comme exemples d'emploi d'une telle méthode d'hyperquantisation, on cite la combinaison du découpage de bande et de la quantification d'amplitude, et certaines variantes de la quantification différentielle. On décrit un essai expérimental de quantification différentielle de signaux vidéo (modulation en delta).

Cette conférence était accompagnée de projections d'images obtenues par quantification différentielle des signaux, comparées aux images originales.

LES PROBLÈMES DE TRANSMISSION DANS LA TÉLÉVISION EN COULEURS.

J. HAANTJES et K. TEER

Natuurkundig Laboratorium

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Pays-Bas).

Le texte intégral de cette communication sera publié ultérieurement dans l'Onde Electrique.

QUALITÉS INTRINSÈQUES ET SUBJECTIVES DES IMAGES ET THÉORIE DE L'INFORMATION.

A.L. RORIVE

Ministère des Communications, Bruxelles (Belgique).

En partant d'un aspect de la théorie des jeux, l'auteur montre que, compte tenu de la redondance des signaux de télévision en couleurs, ceux-ci peuvent être transmis dans une voie de télévision monochrome.

CODAGE OPTIMUM POUR LA TÉLÉVISION INDUSTRIELLE EN COULEURS.

G. VALENSI

Paris

Le texte de cette communication sera publié intégralement dans un prochain numéro de l'Onde Electrique.

RECHERCHE DE L'ÉCONOMIE DANS UN SYSTÈME DE TÉLÉVISION INDUSTRIELLE EN COULEURS.

J. PERILHOU

Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée, Paris.

Le texte intégral de cette communication a été publié dans l'Onde Electrique n° 364, juillet 1957.

LES DISPOSITIFS RÉDUCTEURS DE BANDE PASSANTE ET LEUR APPLICATION A LA TÉLÉVISION EN COULEURS.

Y. DELBORD

Ingénieur en Chef chargé du Département Télévision, C.N.E.T., Issy-les-Moulineaux (France)

Le texte intégral de cette communication sera publié dans un prochain numéro de l'Onde Electrique.

PRÉSENTATION D'IMAGES OBTENUES AVEC LES SYSTÈMES N. T. S. C. ET « DOUBLE MESSAGE ».

R. GENEVE

Laboratoires d'Électronique et de Physique Appliquée, Paris.

Rappelons que ces deux systèmes ont déjà été décrits dans l'Onde Electrique : le système N.T.S.C. par M. J.C. Hirsch dans le numéro de janvier 1955, le système « double message » par deux articles, l'un de MM. G.A. Boury et R. Genève, l'autre de M. P. Billard, dans le numéro de juillet 1957.

Cette communication comportait une démonstration du système N.T.S.C. présenté selon deux versions, l'une adaptée au standard 819 lignes, l'autre au standard Européen 625 lignes et du système « Double Message », présenté dans le standard français.

QUELQUES RELATIONS ENTRE LA REDONDANCE DES IMAGES DE TÉLÉVISION ET LA LARGEUR DE BANDE NÉCESSAIRE.

K. H. POWERS, H. STARAS et G. L. FREDENDALL

R.C.A. Laboratories Princeton (U.S.A.).

Les auteurs ont présenté une analyse du concept de la redondance statistique et l'ont ensuite appliqué au problème des communications en télévision, en particulier à la réduction de la bande passante.

DISTORSIONS DU SIGNAL DE COULEUR DANS LES DÉTECTEURS D'AMPLITUDE.

B.D. LOUGHLIN

Hazeltine Research Corporation, Little Neck (U.S.A.).

L'auteur passe d'abord en revue les phénomènes qui, dans les detecteurs d'amplitude, provoquent des distorsions du signal de couleur et évalue l'importance des distorsions que l'on peut prévoir, puis examine quelques-unes des méthodes de limitation de la bande passante, qui sont couramment utilisées avant la détection pour réduire ces distorsions à un niveau acceptable, et décrit plusieurs types de dispositifs détecteurs dans lesquels ces distorsions sont compensées ou éliminées.

UN DÉCODEUR POUR RÉCEPTEUR DE TÉLÉVISION EN COULEURS N. T. S. C.

D. RICHMAN

Hazeltine Research Corporation, Little Neck (U.S.A.).

L'auteur décrit un décodeur assurant la synchronisation des couleurs, la démodulation synchrone, la commande automatique du niveau de chrominance, et permettent l'élimination ou le rétablissement de l'information de chrominance par commutation automatique.

LE SYSTÈME DE TÉLÉVISION EN COULEURS SÉQUENTIEL-SIMULTANÉ.

H. DE FRANCE

Paris.

Le texte intégral de cette communication sera publié dans un prochain numéro de l'Onde Electrique.

INFLUENCE DE LA PROPAGATION PAR TRAJETS MULTIPLES SUR LE SPECTRE D'UN SIGNAL DE TÉLÉVISION.

K. BERNATH et H. BRAND

Direction Générale des Postes, Télégraphes et Téléphones, Berne (Suisse)

Le texte intégral de cette communication sera publié dans un prochain numéro de l'Onde Electrique.

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

ACTIVITÉS ET VIE DE LA SOCIÉTÉ

Période du 1er février au 28 février 1958

RÉUNION DU BUREAU

Le Bureau de la Société des Radioélectriciens s'est réuni le vendredi 21 février 1958 sous la présidence de M. G. DUPOUY, Président de la Société des Radioélectriciens.

Présents : MM. ABADIE, AUBERT, Melle BARRET, MM. P. BESSON, CABESSA, FLAMBARD, GAUSSOT, GOUDET, LIBOIS, MATRAS, MOULON, PICAULT.

Excusés : MM. LAFFINEUR, LESCHI, DE MARE, RABUTEAU.

Assistait à la séance : M. HERRENG, pour le Colloque « *Electronique Nucléaire* ».

1° Après adoption du procès-verbal de la séance du 10 janvier 1958, les candidatures des 51 nouveaux membres sont acceptées.

2° M. HERRENG rend compte des travaux du comité d'organisation du Colloque « *Electronique Nucléaire* », qui s'est réuni le 10 février 1958.

La première circulaire annonçant le Colloque sera diffusée au début de mars : le Colloque se tiendra à Paris au Palais de l'U.N.E.S.C.O., place de Fonnoy, du 16 au 20 septembre 1958.

3° La séance inaugurale du groupe du Nord de la Société des Radioélectriciens dont le Président est M. ARNOULT, Professeur à la Faculté des Sciences de Lille, se tiendra à Lille le 20 mars 1958 ; M. AUBERT y représentera le Bureau de la Société des Radioélectriciens.

4° Sur proposition de M. G. DUPOUY, M. MATRAS, Vice-Président de la Société des Radioélectriciens, accepte de représenter celle-ci au Conseil de l'A.T.E.N. (Association Technique pour la production et l'utilisation de l'Energie Nucléaire).

De même M. GOUDET, Vice-Président de la Société des Radioélectriciens, accepte de représenter celle-ci au Conseil de l'A.F.R.A. (Association Française de Régulation et d'Automatisme).

RÉUNIONS EN SORBONNE

Réunion du Samedi 8 Février 1958

Au cours de cette réunion, présidée par le Général LESCHI, ancien Président de la Société des Radioélectriciens, M. Bernard GENSOUS, Ingénieur des Télécommunications à la Radiodiffusion-Télévision Française fit une communication sur « *Le service des émissions extérieures de la Radiodiffusion-Télévision Française* ».

Le Conférencier indique que, pour réaliser les reportages télévisés en direct, la Direction Technique de la Radiodiffusion-Télévision Française a créé un service spécialisé dans les prises de vues extérieures et dans les transmissions hertziennes.

Le matériel utilisé pour les prises de vues va de la petite caméra à tube vidicon, autonome et portable, au car à 4 caméras à tubes orthicon, véritable « studio mobile ».

Un car léger, sur le toit duquel a été montée une tourelle de char, supporte une caméra. Un émetteur et un groupe électrogène confèrent à cet ensemble une entière autonomie permettant d'assurer des prises de vues en roulant.

La transmission de l'image du lieu de reportage au centre de diffusion est assurée par des relais centimétriques ou des relais métriques (200 MHz) lorsqu'il s'agit de prises de vues mobiles.

Le conférencier rappelle qu'au cours de l'année 1957, 490 émissions extérieures ont été réalisées. Les plus remarquables furent :

— les reportages à l'occasion du voyage de la Reine d'Angleterre à Paris ;

— les émissions comportant des prises de vues sous-marines du Commandant Cousteau ;

— l'émission en direct à partir du porte-avions « La Fayette » ;

— enfin, la série d'émissions sur la médecine ; l'une d'elle, « *A cœur ouvert* », rapporta le Prix Italia à la R.T.F.

Des passages des kinescopes (il s'agit d'enregistrement photographiques sur tube cathodique des émissions de télévision) de ces émissions ont été projetés. Le conférencier a donné des détails sur les préparatifs d'un reportage, la mise en place du matériel et les nombreux problèmes que les techniciens rencontrent pour saisir et transmettre, dans les circonstances les plus variées, l'actualité et l'information prises sur le vif.

Réunion du Samedi 22 Février 1958

Au cours de cette réunion, présidée par M. G. DUPOUY, Président de la Société des Radioélectriciens, M. Jean ORTUSI, Président du Comité de Lecture du Congrès, Ingénieur à la Compagnie Générale de T.S.F., fit une communication sur « *Les enseignements du Congrès International des Circuits et Antennes Hyperfréquences* ». Le conférencier a fait le point des connaissances scientifiques et techniques dans le domaine des circuits et antennes en hyperfréquences, connaissances mises en lumière au récent Congrès International organisé par la Société des Radioélectriciens à Paris du 21 au 26 octobre 1957.

NOUVEAUX MEMBRES

MM.	présentés par MM.
ALBARET René, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	DESTRAY GIRAUD
ARMANI Nicolas, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	DESTRAY GIRAUD
BALAS Marc, André, élève à l'Ecole Centrale de T.S.F.E.	ZOBERMAN FOLLIOT
BARIGANT Pierre, François, Ingénieur E.C.P. et Radio E.S.E.	GAUSSOT Mme HUTER
BERTRAND Victor, Georges, Félix, François, Commandant l'Ecole Supérieure Technique des Transmissions	FLAMBARD LOCHARD

Boccazzi Federico, Progettista Radiotecnico	Boella Flambard
Bonhomme Paul, Chef détachement transmissions	Naudin Couturou
Bonnaure Pierre, Ingénieur au C.E.N. de Saclay	Surdin Weill
Bouchard Jean, Professeur de Radioélectricité à la Faculté des Sciences de Dijon	Picault Decaux
Boudeville Georges, Attaché à la Direction de la Société T.R.T.	Le Guyon Pastier
Carzan Claude, Ingénieur à la Société T.R.T. ...	Laurens Rakover
Chevillard Pierre, Chef de Travaux à l'E.S.E. .	Mme Huter Gaussot
Cottin Albert, Agent Technique Radio à la Société Férisol	Hamaide Fabien
Currat Michel, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Delorme Benoît, Agent Technique à la Société Sadir-Carpentier	de Gouvenain Folliot
Dezoteux Jacques, André, Henri, Ingénieur des Télécommunications au C.N.E.T.	Job Libois
Doyon Gérald, Ingénieur des P.T.T., Département Faisceaux Hertziens (L.G.D.)	Libois Icole
Ducorps Guy, Ingénieur Technico-Commercial à la Société T.R.T.	Lemoro Mugnier
Gentilhomme Pierre, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Mar eille	Destray Giraud
Gerbier Guy, Jean, Ingénieur des Télécommunications au C.N.E.T.	Libois Dayonnet
Grellier André, Louis, Agent Technique, Laboratoire de recherche à Sud-Aviation	Quinet de Corlieu
Guerry Robert, Charles, élève à l'Ecole Centrale de T.S.F.E	Zoberman Folliot
Guillard Jacques, Charles, Ingénieur à la Société Férisol.....	Olivier Hamaide
Guillerme Francis, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Hervé Jacques, Attaché de Recherches au Laboratoire d'Electronique et de Radioélectricité ..	Grivet Pillon
Juppet Paul, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Koenig Jean, Ingénieur à la Société T.R.T.....	Rakover Laurens
Kuhlman Pierre, Ingénieur Technico-Commercial à la Société T.R.T.	Lemoro Mugnier
Lagier Yves, Eugène, Ingénieur Radioélectricien	Giraud Gauvan
Laine Gérard, élève à l'Ecole Centrale de T.S.F.E.	Chrétien Ville
Lambert Jacques, Ingénieur à la Société de Construction Radiotéléphonique	Gamet Chantelot
Lambert Sigismond, Ingénieur à la Société T.R.T.	Lemoro Mugnier
Lanet Jean-Claude, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Le Berre Roger, Agent Technique au C.N.E.T.	Manuel Warin
Levaillant Jacques, Attaché de Direction à la Société T.R.T.	Rakover Lemoro
Martin Michel, élève à l'Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Hydraulique et de Radioélectricité de Grenoble	Moussiegt Munier
Moreau Christian, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Ottie Roland, Ingénieur à la Société T.R.T.	Laurens Rakover
Peant Raoul, Ingénieur Technico-Commercial à la Société T.R.T.	Lemoro Le Guyon
Raulot-Lapointe Jacques, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Raviola Vittorio, Progettista elettronico Radiotechnico	Boella Flambard
Riche Paul, Ingénieur, Chef de Travaux à la Société T.R.T.	Laurens Rakover
Rochequairie (de), Officier détecteur du Porte-avions Bois Belleau	Michel Rolland
Rothier Lucien, Ingénieur à la Société T.R.T.	Rakover Laurens
Rovegno Jean, Edouard, Alexandre, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Sardos René, Assistant de Physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux	Loudette Picherit
Seron Jean, André, Ingénieur Radio E.S.E.	Mme Huter Gaussot
Soulerin Henri, élève à l'Ecole de Radioélectricité et d'Electronique de la Chambre de Commerce de Marseille	Destray Giraud
Terry Jacques, Officier, instructeur à l'Ecole Supérieure des Transmissions	Constans Ricklin
Thevenot Jean, Ingénieur E.N.S.T.	Moulon Flambard
Wolff Gérard, Ingénieur à la Société Férisol ...	Geffroy Olivier

INFORMATIONS

BIBLIOGRAPHIE

Les semiconducteurs (Diodes, Transistors et autres applications), par G. GOUDET et C. MEULEAU, préface de E.M. DELORAINE. Un vol. 16 × 25, 436 pages, 108 figures (Eyrolles, Paris 1957). Relié : 5 500 F.

La découverte en 1948 des « triodes à cristal » ou transistors ainsi que les progrès très spectaculaires accomplis dans la technique des redresseurs ont souligné l'importance prise au cours des dernières années par une classe de matériaux qui est restée longtemps mal connue : celle des semi-conducteurs.

Le présent ouvrage comporte d'abord une partie théorique dont la lecture est indispensable à celui qui veut se faire une idée précise des propriétés physiques des corps solides et des mécanismes qui sont utilisés dans les applications des semi-conducteurs. On y a condensé en quelques chapitres les principales lois de la mécanique ondulatoire ou mécanique quantique et on les a illustrées par des exemples simples qui conduisent directement à l'étude du mouvement des charges électroniques dans les réseaux cristallins.

Ces bases étant acquises, le lecteur peut comprendre en quoi les semi-conducteurs diffèrent des isolants et des conducteurs et trouve l'explication de leurs propriétés physiques exceptionnelles telles que la sensibilité à l'addition de quantités infimes d'impuretés, la variation de la résistibilité sous l'action de la lumière, ou l'inversion de l'effet Hall. Il acquiert également la notion d'électron vrai et celle de trou qui sont à la base de toutes les explications de ces propriétés.

Dans la deuxième partie, on expose la technologie des semi-conducteurs qui est rendue particulièrement difficile par la nécessité d'atteindre des puretés qui dépassent très largement celles des méthodes chimiques habituelles, et, de réaliser les édifices cristallins d'une perfection inusuelle. On indique les principales propriétés physiques des semi-conducteurs courants : selenium, germanium, silicium, oxydes métalliques.

Dans la troisième partie enfin on passe en revue les principales applications des semi-conducteurs : thermistors, varistors, diodes, triodes et tétrodes, cellules photo-électriques. Pour chacune d'elles on expose successivement la théorie de son fonctionnement et la technique de sa fabrication.

L'ouvrage, qui se termine par une bibliographie de 350 articles environ, constitue donc une véritable monographie pratique de la matière. Il intéresse aussi bien l'ingénieur des télécommunications du radar ou des télécommandes, que l'électronicien de toutes spécialités, régulation, servomécanismes, diffraction électronique, spectographie de masse, microscopie électronique. De leur côté, les professeurs de physique de l'enseignement secondaire et technique et les professeurs d'électricité des écoles d'ingénieurs trouveront dans « Les semi-conducteurs » une documentation complète sur ces matériaux nouveaux.

R.O.E.

Micro Onde, par Guiseppe DILDA, Un vol. 16 × 24, 342 pages 211 figures. (Libreria Editrice Universitaria Levrotto et Bella). Prix : 3 300 lires.

Le but de cet ouvrage, exprimé par l'auteur dans sa préface, est de remédier à l'absence, en Italie, d'un livre de base sur la technique des microondes. Ce livre, qu'il destine à des techniciens et ingénieurs praticiens, expose les principes et fonctionnements des principaux éléments de l'appareillage utilisé en hyperfréquences, sous une forme simple, sans pénétrer très à fond dans les questions théoriques. L'auteur s'est efforcé de simplifier au maximum les problèmes les plus ardus, quitte à demander parfois au lecteur un acte de foi. Ce dernier peut d'ailleurs approfondir l'étude de telle ou telle question en ayant recours aux références conseillées dans l'importante bibliographie qui termine chaque chapitre.

Etude des circuits, étude des tubes constituent les deux grandes parties de l'ouvrage. La première partie débute par des considérations sur les limites d'emploi des circuits à constantes localisées et la description de certains types spéciaux de circuits résonnants utilisés jusqu'à 1 200 Mc/s environ. Puis vient un chapitre important consacré à la théorie des lignes uniformes avec une étude particulière des lignes coaxiale et bifilaire. On traite notamment de la ligne, transformateur d'impédance en introduisant les diagrammes d'impédance, diagramme cartésien et abaque de Smith dont les modes d'emploi sont illustrés par de nombreux exemples. Les guides d'onde et les cavité constituent les deux chapitres suivants. La théorie physico-mathématique de Maxwell n'y est pas développée. L'auteur se limite à l'énoncé des caractéristiques de la propagation, en donnant quelques justifications sommaires. Sont ainsi étudiés les guides à sections rectangulaire et circulaire. Les caractéristiques de leurs principaux modes sont indiqués et une revue rapide, qui ne prétend pas être complète, de différentes pièces en guide est donnée. Du point de vue cavités, on a une description de leurs différents types, cavités simples, cavités réentrantes avec leurs modes d'oscillation ; on définit leurs principaux paramètres et donne les formules permettant de les calculer ; on décrit comme application directe divers ondemètres classiques puis on passe en revue les excitations possibles des cavités, en particulier le couplage à un faisceau électronique.

La seconde partie, qui traite des tubes électroniques en hyperfréquences, étudie d'abord le comportement des lampes classiques aux faibles longueurs d'onde, les différents facteurs qui en limitent l'emploi et les modification de structure à apporter pour étendre leur usage aux microondes. Certaines réalisations américaines sont décrites avec indication de leurs caractéristiques. Les autres chapitres sont consacrés au klystron et au magnétron. On étudie ainsi le klystron à deux cavités et ses emplois en amplificateur, multiplicateur de fréquence et oscillateur, le klystron réflex avec description et performances de quelques réalisations américaines, puis le magnétron et ses trois formes cyclotron, dynatron, magnétron à cavité. Après un bref aperçu sur les deux premières, l'auteur développe surtout la dernière et considère notamment son emploi en impulsions dans la technique du RADAR.

B.P.

Cours de mesures électriques, par P. BREANT, préface de R. BIGORGNE.

Tome I : Généralités. — Appareils de mesure. Un vol. 16 × 25, 354 pages. Prix : 3 600 F.

Tome II : Impédances. — Analyse des tensions et courants. — Grandeurs de transfert. Un vol. 16 × 25, 358 pages. Prix : 4 900 F. (Eyrolles, Paris 1956-1957).

Les mesures électriques tiennent une place particulièrement importante dans le domaine des mesures en général ; la mesure de nombreuses grandeurs fait intervenir actuellement leur transformation en grandeurs électriques. C'est dire le large public auquel s'adresse tout ouvrage sur les mesures électriques.

L'auteur du nouvel ouvrage, qui constitue une refonte complète du Cours de Mesures électriques de M. BIGORGNE, a volontairement limité son sujet au domaine intéressant plus spécialement le technicien des télécommunications sur fil.

C'est pourquoi il s'est limité au domaine des fréquences (en dessous de 300 MHz) où la notion d'impédance localisée garde un sens, éliminant les mesures propres au radioélectricien et en ne gardant des mesures type « courant fort » que celles qui constituent le bagage indispensable de tout électrotechnicien.

Tel quel, le sujet reste encore immense. L'auteur s'est efforcé de garder un contact étroit avec la réalité. A cet effet, conformément au bon sens, le système Giorgi rationalisé a été adopté tout au long de l'exposé, les ordres de grandeur ont été fournis avec abondance, les exemples de mesure décrits choisis en fonction de leur intérêt didactique et pratique.

L'importance des mesures électriques appliquées à la technique des courants faibles ne cesse donc de s'accroître dans la conception, l'utilisation et l'entretien de l'infinie variété des organes utilisés dans les applications que nous venons d'évoquer.

Le premier tome des « *Mesures électriques* » de P. BREANT était consacré aux appareils de mesure en général ; le tome II que nous présentons aujourd'hui aux lecteurs traite des mesures plus spéciales à la technique des télécommunications.

Le chapitre relatif à la mesure des impédances en courant alternatif est particulièrement développé, avec des aperçus géométriques.

Le premier tome de cet ouvrage est consacré, dans sa première moitié, aux généralités indispensables sur les mesures, les errreurs, les unités, les pièces détachées, les appareils de mesure et les montages. Les indications données sont conformes aux normes et réalisations techniques les plus récentes.

La deuxième moitié de ce tome traite des appareils de mesure proprement dits, sans négliger, chemin faisant, les méthodes spéciales de mesure des grandeurs qu'ils permettent d'atteindre. Une place importante est faite dans les développements aux deux appareils essentiels, le galvanomètre magnétoélectrique et l'oscillographe cathodique.

Le tome II de l'ouvrage traite des mesures plus spéciales à la technique des télécommunications. Le chapitre relatif à la mesure des impédances en courant alternatif est particulièrement développé. Trois chapitres d'esprit essentiellement nouveau traitent l'un des mesures modernes d'impédances en impulsion, le second des mesures de déphasages, le troisième des mesures de temps de propagation.

Les autres chapitres, plus classiques, sont généralement traités avec le souci d'ouvrir des perspectives au lecteur.

L'ensemble de ces deux volumes constitue un ouvrage de base qui sera précieux aussi bien aux spécialistes des mesures qu'aux non spécialistes.

R. O. E.

Physique électronique des gaz et des solides, par M. BAYET, préface de T. ROCARD. Un vol. 16,5 × 24,7 246 pages, 81 figures (Masson et Cie, Editeurs). Prix : 4 900 F.

Cet ouvrage, dont le but essentiel est d'étudier les propriétés de l'électron dans la matière, et les phénomènes macroscopiques qui en résultent (conductibilité électrique et thermique notamment), contient l'ébauche, neutronique excepté, d'un traité de physique corpusculaire dans le domaine des énergies inférieures à 1 000 électron-volts. L'auteur traite de l'électronique des solides et de celle des gaz. Le rapprochement de ces deux domaines de la physique, habituellement séparés, est justifié à la fois par des considérations théoriques et par des considérations pratiques.

La première partie de l'ouvrage est essentiellement théorique, et donne toutes les démonstrations nécessaires à la compréhension du sujet ; toutefois les développements purement mathématiques sont renvoyés en appendice (propriétés des fonctions sphériques, de la fonction de Fermi, etc.). On y trouvera en particulier, après un rappel des résultats fondamentaux de la physique statistique (quantification, dégénérescence,..) et de la physique corpusculaire (problème de deux corps, sections efficaces,..), un exposé des résultats essentiels de la théorie cinétique des gaz formés d'une ou de plusieurs espèces particulaires (libre parcours, diffusion, mobilité,..) et, en particulier, une théorie rigoureuse du modèle de gaz binaire connu sous le nom de « gaz de Lorentz ».

La deuxième partie du livre est consacrée à l'étude « phénomènologique » du passage du courant électrique dans les gaz et dans les solides. Elle se borne à donner l'essentiel, sans entrer dans les détails techniques renvoyant le lecteur chaque fois qu'il est utile, aux ouvrages de références les plus récents et les mieux documentés. Tous les aspects de la « décharge électrique » et de la théorie électronique des métaux sont néanmoins passés en revue. Pour terminer, l'auteur donne les éléments d'une théorie moderne des solides.

Cet ouvrage est susceptible d'intéresser le public étendu de tous ceux, ingénieurs et techniciens, qui souhaitent se mettre au courant de l'état actuel d'une importante « doctrine » en perpétuelle évolution.

R.O.E.

Théorie et technique des asservissements, par MM. J.C. GILLE, M. PELEGRIN et P. DECAULNE. Un vol. 19 × 28, 704 pages, 700 figures (Dunod, Paris 1956). Relié toile sous jaquette : 9 800 F.

Cet ouvrage, très important, rassemble, sous une forme progressive et synthétique, tous les éléments relatifs aux systèmes asservis.

C'est, semble-t-il, la première fois qu'est présentée sur ce sujet une publication aussi complète, abordable par le non-spécialisé et traitant à la fois de la théorie d'ensemble et des divers organes, sous un angle différent de celui des « classiques » américains ou des ouvrages qui s'en inspirent.

Les auteurs ont résumé là une longue expérience technique consacrée aux diverses applications des asservissements, en y transposant l'expérience didactique patiemment mise au point dans le cadre de leur enseignement à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique qui est, on le sait, le plus développé existant actuellement en France sur cette question.

Certes, la lecture de cet ouvrage suppose un minimum de connaissances sur les nombres complexes et les équations différentielles qui sont au programme des classes de mathématiques spéciales. Mais, ceci admis, le lecteur appréciera la clarté avec laquelle les auteurs exposent la théorie des asservissements et son application au problème de la synthèse d'un système asservi, y compris l'avant projet numérique.

Chaque fois que la chose a été possible, les auteurs ont soigneusement indiqué les valeurs numériques relatives aux matériels existants. En outre, ils ont spécialement insisté — toujours à l'intention du praticien — sur des points qui, dans la pratique et souvent de façon inattendue, se sont révélés être à l'origine d'erreurs fréquentes.

En résumé, cet ouvrage important est destiné aux ingénieurs, étudiants, professeurs ainsi qu'à un public scientifique non spécialisé mais déjà averti et désireux de trouver sur la cybernétique autre chose que de la pure vulgarisation.

R.O.E.

Servomécanisme et régulation, par H. CHESTNUT et R.W. MAYER. Traduit de l'américain par H. GARCON. Un vol. 16 × 25, 560 pages, 347 figures (Dunod, Paris 1957). Relié toile : 5 800 F.

Ce livre est spécialement destiné aux ingénieurs chargés de l'étude et de l'application des problèmes de commande par contre-réaction. Partant de notions mathématiques élémentaires, les auteurs décrivent la nature des phénomènes physiques mis en cause et conduisent à la résolution de problèmes complexes.

L'ouvrage traite en particulier :

— de l'importance du principe de commande par contre-réaction dans le domaine des régulateurs et des servomécanismes ;

— de la résolution des problèmes transitoires, tant par la méthode basée sur la transformation de Laplace, que par celle des équations différentielles, soulignant l'importance de la stabilité et décrivant de nombreux systèmes typiques ;

— de la réalisation d'équipements effectuant les fonctions de transfert des systèmes mécaniques, électriques, hydrauliques et de guidage ;

— de l'importance du phénomène d'affaiblissement dans les servomécanismes et les régulateurs ; l'analyse et la synthèse des systèmes à boucles multiples et à entrées multiples sont examinées de ce point de vue ;

— de l'étude pratique de la synthèse des systèmes, donnant es coefficients d'erreur dynamique et statique ;

— des caractéristiques qui conditionnent l'obtention de réponses continues et transitoires ; la nature de ces caractéristiques est indiquée graphiquement.

Abondamment illustré, complété de nombreux exercices, ce livre intéressera les ingénieurs de toutes catérogies, ainsi que les professeurs et étudiants qui désirent s'initier aux problèmes d'automatisme.

R.O.E.

Electricité, par G. BRUHAT. 6e édition entièrement remaniée par G. GOUDET. Un vol. 16,5 × 25, 900 pages, 517 figures (Masson et Cie, Paris 1956). Broché : 4 500 F., cartonné toile : 5 100 F.

Il est bien inutile de présenter le Cours de Physique Générale de G. BRUHAT, dont les quatre volumes constituent toujours l'ouvrage fondamental pour les étudiants de licence et d'agrégation et un livre de référence pour tous les physiciens. Plusieurs éditions s'étaient déjà succédé, toutes accueillies avec le même succès. A chacune le regretté Professeur BRUHAT apportait les compléments rendus nécessaires par le progrès de la Science. La dernière édition du traité d'Electricité datait de 1947. Depuis lors des théories et des faits nouveaux sont venus enrichir le domaine, déjà très vaste, de l'Electromagnétisme en même temps qu'une évolution des idées sur la façon d'enchaîner les grandes lois s'est manifestée. C'est pourquoi il a paru nécessaire, à la différence des autres volumes du Cours, de remanier profondément l'ouvrage. Cette tâche a été confiée à M. G. GOUDET, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, qui fut jadis l'élève du Maître disparu.

Dans l'édition actuelle, on a respecté la division traditionnelle suivant laquelle les phénomènes sont d'abord étudiés sous l'aspect macroscopique, puis sous l'aspect microscopique. Mais, dès le début, on introduit des notions suffisantes sur la constitution de la matière pour que le lecteur puisse se faire une représentation en accord avec les théories modernes.

Dans la première partie de l'ouvrage, on s'est attaché tout particulièrement à bien marquer la progression qui permet de passer des lois des phénomènes statiques (électrostatique et magnétostatique) à celles des phénomènes lentement variables au cours du temps pour arriver enfin à l'expression la plus générale fournie par les équations de Maxwell. Celles-ci ont été illustrées par de nombreux exemples, puis examinées à la lumière de la théorie de la relativité.

Conformément aux tendances modernes, on a attaché les propriétés magnétiques de la matière aimantée à celles des courants électriques, les masses magnétiques n'étant introduites qu'à la fin de l'exposé, sous leur aspect d'équivalent mathématique.

Pour la facilité des applications numériques toutes les lois ont été exprimées dans le système d'unité MKS de GIORGI sous sa forme rationalisée, et un chapitre a été consacré aux systèmes d'unités. De plus, on a reporté en bas de chaque page les formules les plus importantes écrites de manière telle qu'elles s'appliquent à la totalité des systèmes d'unités usuels.

Dans la deuxième partie de l'ouvrage, consacré aux particules électrisées, on a introduit un exposé succinct de mécanique ondulatoire, dont l'emploi est indispensable pour traiter les problèmes de l'atome. Ses lois ont en particulier trouvé leur application dans un chapitre entièrement nouveau sur les propriétés électriques et magnétiques des solides. On a pratiquement éliminé les phénomènes nucléaires dont le développement est maintenant trop important pour qu'on puisse les intégrer dans un ouvrage d'électromagnétisme.

Par contre, on a étudié les tubes électroniques en groupant sous ce vocable les tubes à vide ou à gaz et les dispositifs, tels que les transistors qui utilisent les propriétés des semi-conducteurs.

L'ensemble du volume, complété par une bibliographie et un index alphabétique, a conservé un caractère didactique, et, selon la pensée de G. BRUHAT, doit servir d'introduction aux traités spécialisés du niveau le plus élevé.

R.O.E.

Electrostatique. — Courants continus. — Magnétisme, par P. FLEURY et J.M. MATHIEU. Un vol. 16 × 25, 552 pages, 507 figures (Eyrolles, Paris 1957). Relié : 5 900 F.

On a cherché, dans cet ouvrage, à faire intervenir, dans l'enseignement de l'Electricité, certaines modifications qui paraissent actuellement nécessaires. Sans doute cet enseignement doit-il toujours reposer sur un examen des forces intervenant en Electrostatique et en Magnétisme, et des effets mécaniques, thermiques, lumineux, chimiques... des courants électriques. Mais il doit aussi faire place à des connaissances de plus en plus nombreuses sur les particules atomiques électrisées, sur les diélectriques, sur les semi-conducteurs. Il doit renoncer à la confusion établie autrefois, dans le vide, entre le champ et le déplacement électriques, comme entre le champ et l'induction magnétique. L'interprétation des phénomènes d'aimantation conduit à éliminer ou à n'utiliser qu'à titre auxiliaire la notion jugée naguère fondamentale, de masse magnétique, et la loi de Coulomb dans laquelle cette notion intervenait.

L'introduction, recommandée par la Commission Electrotechnique Internationale, d'une forme rationalisée de certaines équations justifie un plan assez différent de ceux adoptés jusqu'ici. Les unités employées de préférence sont celles du Système Giorgi (basé sur le mètre, le kilogramme masse, la seconde et l'ampère). On s'est appliqué toutefois à faciliter par des indications convenables la tâche du lecteur déjà habitué aux définitions anciennes ou appelé à lire des auteurs qui les utilisent.

Après l'étude de l'Electrostatique, que l'on s'accorde aujourd'hui à considérer comme devant être traitée en premier lieu, viennent celles de l'électromagnétisme, puis des phénomènes d'induction et d'aimantation. Les conditions de passage des courants dans le vide, les gaz, les électrolytes, les métaux et les semi-conducteurs sont ensuite examinées en détail, ainsi que le principe des générateurs et moteurs de courants continus. Un second volume sur l'Electricité sera consacré aux courants alternatifs, aux ondes électromagnétiques et aux instruments de mesures électriques, ainsi qu'à une étude rapide des phénomènes électriques et magnétiques intervenant en géophysique et en astrophysique.

Comme dans tout ce traité, on a insisté sur les bases expérimentales et les applications pratiques des notions et des lois étudiées. Leur expression et leur utilisation sont toutefois, en Electricité, grandement facilitées par un langage et des théorèmes mathématiques, se rattachant au calcul vectoriel, dont il serait déraisonnable de ne pas tirer parti : on les trouvera introduits au fur et à mesure des besoins.

R.O.E.

L'ionosphère et l'optique géométrique des ondes courtes, par R. DUMONT. Un vol. 11 × 16, 110 pages, 33 figures (Dunod, Paris 1958). Relié toile : 580 F.

L'ionosphère, tout en étant un chapitre de la géophysique en plein essor, semble n'avoir été exposée depuis plusieurs années qu'aux spécialistes ou aux amateurs de vulgarisation courante.

Au contraire, cette étude de M. DUMONT qui fait partie de la collection des « Monographies DUNOD » s'adresse en tout premier lieu comme l'indique l'auteur aux étudiants préparant ou venant d'acquérir une licence de sciences physiques ; à côté de l'enseignement classique qui leur montre une science bien faite, elle leur fournira l'image d'une branche de la science en train de se faire.

On notera que les développements mathématiques, limités, ne dépassent pas le niveau de la Propédeutique. Les raisonnements sont concrets ; des analogies d'ordre mécanique, astucieuses mais légitimes, aident le lecteur. Enfin, l'auteur a largement mis à profit le parallèle avec l'optique géométrique, dont la première partie du baccalauréat a fait une science presque populaire. En lisant cet ouvrage tous ceux que la physique intéresse se trouveront donc en pays de connaissance, tout en étant aussi en pays de découverte. Quant aux Radioélectriciens, ils trouveront rassemblés dans ce petit ouvrage les quelques notions de base qu'il est bon d'avoir présentes à l'esprit.

R.O.E.

Compte rendu de la XII^e Assemblée Générale de l'U.R.S.I. (commission I). Un vol. 16 × 24, 80 pages (Secrétariat Général de l'U.R.S.I., 7 place Emile Danco, Uccle Bruxelles). Prix : 100 francs belges.

Il s'agit du premier fascicule des comptes-rendus de la XII^e Assemblée Générale de l'U.R.S.I. tenue à Boulder, Colorado, en août-septembre 1957. Ce premier fascicule contient le compte rendu des travaux de la commission I (Mesures et étalons radioélectriques). On y trouve, notamment, la liste des rapports et des communications présentées à la commission, les recommandations du Comité International des Poids et Mesures, les différents Rapports Nationaux, le Rapport du Président (M. B. DECAUX) ainsi que les comptes rendus des réunions et les résolutions adoptées.

R.O.E.

Introduction à la cybernétique, par W. ROSS ASHBY (traduit de l'anglais par M. PILLON). Un vol. 14 × 22, 370 pages, 18 figures (Dunod, Paris 1958). Broché : 1 960 F.

La cybernétique, science relativement récente, demeure encore mystérieuse pour beaucoup. Son domaine n'est pas restreint aux seuls animaux robots, on a pu en effet en donner la définition suivante : « science du contrôle et de la communication dans l'animal et la machine ».

Ce livre dont la traduction française vient d'être publiée chez DUNOD s'adresse donc plus spécialement à ceux qui ont l'intention d'étudier la cybernétique et la théorie de l'information et du contrôle.

L'auteur qui s'est entièrement consacré, ces dernières années, à l'étude de l'application des lois de la cybernétique aux systèmes biologiques, fait un exposé original, d'une grande clarté. S'adressant aux chercheurs qui reculent devant l'étude poussée des mathématiques et de l'électronique, il montre que dans de nombreux domaines, celui des sciences biologiques en particulier, l'emploi de techniques simples peut être très fructueux, pourvu que l'on ait bien assimilé quelques concepts fondamentaux. La connaissance de l'algèbre élémentaire suffit pour lire avec profit cet ouvrage dont une des caractéristiques importantes est un choix judicieux d'exercices soigneusement dosés avec leurs solutions types.

Ce livre, destiné plus précisément à celui qui veut entreprendre seul l'étude de la cybernétique, pourra aussi se révéler un complément intéressant à un cours sur la théorie de l'information.

R.O.E.

Vers l'usine automatique (Automation), par John DIEBOLD (Traduit de l'américain par E. BERNARD). Un vol. 14 × 22, 168 pages (Dunod, Paris 1957). Broché : 700 F.

John DIEBOLD, qui fut le premier des théoriciens et des praticiens de l'automatisme, expose dans cet ouvrage les possibilités, les limites et les conséquences économiques et sociales des nouvelles machines de l'âge électronique, leur signification en matière d'emploi (coût des matières et de la main-d'œuvre, coût de la vie, etc.), la manière de les utiliser efficacement. L'auteur évoque également une image des temps futurs et expose les problèmes que poseront la réadaptation et la réorganisation nécessaires (dans l'industrie, l'enseignement, l'administration des affaires).

R.O.E.

Alliages magnétiques et ferrites, rédigé sous la direction de M. G. SAY (Traduit de l'anglais par R. PAPOULAR). Un vol. 14 × 22, 248 pages, 94 figures (Dunod, Paris 1956). Broché : 1 960 F.

Il apparaît clairement que l'objet du présent ouvrage rédigé sous la direction de G. SAY est de rendre compte aux lecteurs des récents développements dans le domaine des matériaux magnétiques et d'exposer les conceptions modernes des processus fondamentaux du magnétisme.

L'auteur rappelle tout d'abord les importants progrès réalisés dans ce domaine ; en effet, des poudres fines de fer et d'alliages de fer ainsi qu'une série de ferrites sont venues s'ajouter à la liste des aimants permanents, alors que certains matériaux magnétiques doux tels que les alliages fer-silicium à grains orientés, les ferrites, les alliages fer-nickel à grains et domaine orientés sont passés du stade de la recherche à celui de la production courante.

Par la suite, cet ouvrage traite également de sujets connexes tels que l'enregistrement magnétique, la magnétostriction, la compensation magnétique et les matériaux magnétiques.

D'autre part, on sait que les progrès scientifiques et techniques ont grandement contribué à l'avancement de la technique des équipements électriques par la mise à la disposition de l'ingénieur électricien et du fabricant de pièces détachées d'une gamme de procédés et de matériaux nouveaux et variés ; c'est là également un aspect de cet ouvrage. Les électriciens, spécialistes des disciplines les plus diverses (radar, radio, télévision, téléphonie et télégraphie, contrôle industriel, mesures et instrumentation, protection, machines tournantes, accélérateurs de particules, etc.) trouveront là une étude comparée de ces procédés et matériaux qui leur permettra de les utiliser au mieux de leurs besoins.

R.O.E.

Précis de télévision (Tome I), par R. TARRIDEC. Un vol. 16 × 25, 296 pages, de nombreuses figures (Dunod, Paris 1958). Broché : 960 F.

Ce précis publié chez DUNOD dans le cadre de la Bibliothèque de l'Enseignement Technique a été conçu pour la préparation aux examens officiels de l'Enseignement technique (des brevets scolaires aux diplômes d'ingénieurs). Il présente un quadruple aspect technique, expérimental, technologique et pratique.

On y trouvera les éléments de physique électronique et l'étude des divers circuits utilisés en télévision exposés par un « enseignant » qui sait aussi rester un praticien.

Accompagné de nombreux schémas et illustrations, ce livre s'adresse aux élèves préparant le brevet de radiotechnicien, le brevet professionnel et le C.A.P. de radio-électricien ainsi qu'aux écoles d'ingénieurs. Les artisans radio-électriciens, réparateurs et les nombreux techniciens recherchant un complément de formation dans cette branche importante de l'électronique générale le consulteront également avec fruit.

R.O.E.

Matière, Electricité, Energie, par Geneviève DARMOIS (Presses Universitaires de France, Collection « Que sais-je », Paris 1957).

Dans ce petit volume qui remplace un ouvrage publié sous le même titre et dans la même collection, en 1948 par M. BOUZARIC, l'auteur examine d'abord les différents états sous lesquels se présente la matière : état gazeux, état liquide, état solide en insistant un peu sur le passage d'un état à l'autre et sur les dissolutions permettant de faire passer un solide à l'état liquide.

Ensuite, l'auteur passe à la constitution électrique de l'atome, des molécules, avec les liaisons intermoléculaires qui existent sous les différents états. Puis elle définit ce que l'on doit entendre aujourd'hui par énergie, et parle du problème de la conservation de l'énergie de ses transformations, des énergies des différents ordres et en particulier de l'énergie contenue dans la matière. Enfin, est traité assez en détail, la question de l'énergie rayonnante, de ses interactions avec la matière : photoélectricité, pohtochimie.

R.O.E.

Le numéro de novembre 1957 de la revue russe « Radiotechnique et Electronique », coïncidant avec le quarantenaire de l'Etat Soviétique, est consacré à faire le point des recherches générales concernant la radio en U.R.S.S. Nous y relevons, entre autres, les articles suivants :

— M. DOLOUKHANOV : « *Recherches sur la propagation des ondes radio le long de la surface du sol en U.R.S.S.* ». L'auteur traite des ondes se propageant le long de la surface du sol dans la transmission desquelles l'influence de l'ionosphère est négligeable. Il fait l'historique des travaux et indique les perfectionnements apportés par M. Chouleikine aux théories de Zenneck et de Sommefeld en y introduisant le facteur d'amortissement. Une nouvelle simplification des méthodes de calcul a été apportée par M. Leontovitch dans le cas, généralement vérifié en pratique, quand le module complexe de la perméabilité relative diélectrique est de beaucoup supérieur à 1. En 1928 B. Wendenski a étudié le caractère interférentiel du champ. L'auteur donne un résumé des travaux d'après guerre consacrés à l'étude de l'influence de la troposphère sur la propagation des ondes ultra-courtes ainsi que de leur diffraction par les accidents et inhomogénéités du sol.

— B. WEDENSKI et A. SOKOLOV : « *Recherches sur la propagation troposphérique des ondes radiométriques, décimétriques et centimétriques en U.R.S.S.* ». Les auteurs font l'historique à partir des premiers essais de Chouleikine en 1922 sur les ondes de 3,8 m et qui ont mis en évidence la décroissance du champ avec le carré de la distance et sa proportionnalité au produit des hauteurs d'antennes d'émission et de réception. Viennent ensuite les recherches sur les liaisons ferroviaires et la radiodiffusion dès 1930, ainsi que sur les applications à l'aéronautique. Parallélisme des travaux occidentaux et russes. Aperçu des travaux d'après guerre sur la théorie et la pratique de la propagation lointaine des ondes ultra courtes.

— A. PISTOLKORS et Y. FELD : « Les principales étapes du développement de la théorie des antennes et des feeders en U.R.S.S. ». Historique depuis les travaux de Chouleikine et Kliatskine sur les capacités des antennes en F et en T et sur la définition de la hauteur effective en ondes longues et moyennes. Parallélisme des travaux en 1922 de D. Rojanski et de M. Brillouin sur la méthode des fem induites. Aperçu des travaux de Bonch-Brojevitch, Tatarinov et autres sur les réseaux d'antennes et de réflecteurs. Etudes russes sur le modelage des diagrammes d'émission. Travaux récents sur la théorie des antennes en fentes, les réflecteurs, les antennes en spirales etc. Recherches récentes sur les lignes de transmission bifilaires, coaxiales et monofilaires. Les guides d'ondes et la diffraction à leurs extrémités. Tous les articles de ce numéro de revue comportent des listes bibliographiques très fournies.

Radiotechnique et Electronique, N° 12-1957. Le numéro de décembre de cette revue éditée par l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. est presque entièrement consacré à des questions se rapportant au comportement des cathodes à revêtement oxyde. Ci-après un bref résumé des articles :

— N. MORGOULIS : « Les propriétés physiques et éléments de calcul des cathodes poreuses au baryum-tungstène ». L'étude porte surtout sur le degré d'homogénéité de l'émission, sur l'équilibre dynamique de la pellicule active superficielle, soumise au bombardement ionique. L'auteur établit des formules pour l'étude quantitative des phénomènes.

— P. MARTCHOUK : « L'évaporation du baryum de la surface de certains métaux ». Etude théorique et expérimentale sur les pellicules monoatomiques de baryum déposées sur du tungstène pur et sur du tungstène recouvert de thénium, ou de platine, ou carburé.

— G. MITIANSKI : « La migration du baryum sur la surface de certains métaux ». Etude sous vide poussé à l'aide d'un projecteur thermo électronique sur les mêmes métaux que ci-dessus.

— PTOUCHINSKI et TCHOUIKOV : « La détermination à l'aide d'un spectromètre de masse de la composition des gaz résiduels dans les appareils électroniques à cathodes à pellicules métalliques poreuses ». L'étude a été faite avec des pressions dans les tubes de 10-9 mm de mercure. Il est particulièrement difficile d'éliminer l'hydrogène et l'hélium.

— Y. PTOUCHINSKI : « Influence du bombardement ionique sur l'émission électronique d'une cathode à pellicule métallique poreuse ». Description de la méthode et des résultats obtenus avec des ions dans l'intervalle d'énergies 50 à 1 800 eV aux températures approchant la température normale en service.

— Y. ZINGERMAN et V. SOLTYK : « Action chimique de l'oxygène sur l'émission électronique des cathodes à pellicule métallique poreuse ». Etude expérimentale sur une cathode L à remplissage en oxyde de baryum.

— Y. VEDOULA et V. GAVRILUC : « Le rétablissement thermochimique du baryum à partir de son oxyde par divers agents d'activation ». Etude expérimentale des réactions entre BaO et Mo, W, Si, Ta et Ti.

— I. DYKMAN : « Le mécanisme du cheminement des vapeurs de l'agent d'activation jusqu'à la surface de la cathode à pellicule métallique poreuse ». Etude des voies possible, soit écoulement à travers les pores, soit migration sur les parois des pores.

— Y. PTOUCHINSKI et B. TCHOUIKOV : « Diffusion des vapeurs de strontium à travers la couche poreuse de la pellicule métallique de la cathode ». Etude expérimentale par la méthode des indicateurs radioactifs.

— Y. ZINGERMAN et V. MOROVSKI : « L'émission électronique et la vitesse d'évaporation du baryum sur les cathodes à pellicules métalliques poreuses à remplissage par oxyde de baryum ». Etude du comportement en fonction de la densité du tungstène, du genre d'agent d'activation et de la durée de fonctionnement ininterrompu de la cathode.

— P. MARTCHOUK et Mme LOSOVOJ : « Une cathode à pellicule métallique poreuse à chauffage direct et de faible volume ». Description, principaux paramètres et caractéristiques d'une cathode expérimentale et résultats obtenus aux essais.

« Radiotechnique », novembre 1957. Ce numéro de l'organe de la Société des Radioélectriciens Russes, l'équivalent de notre « Onde Electrique », comporte plusieurs articles consacrés à diverses questions de calculs radioélectriques. On y relève, entre autres, les articles suivants :

— A. POKRAS : « Calcul de l'amplification d'un système d'antenne périscopique ». L'auteur présente et justifie des formules et des abaques pour faciliter les précalculs pour quelques variantes de systèmes avec sources de rayonnement au pied et réflecteur au sommet du pylône. Il étudie les sources elliptiques et paraboliques et les réflecteurs plans et paraboliques à sections circulaires ou carrées.

— Mme E. KOETCHAGUINE et G. OUTKINE : « Calcul des générateurs avec grille à la masse ». Discussion du choix du régime optimum pour l'amplification et pour la multiplication de la fréquence. Etude de l'influence de la consommation des étages voisins sur les relations énergétiques dans le circuit anodique dans le cas d'une résistance faible du circuit résonnant. Conditions à remplir pour le choix des paramètres du système.

— I. TOURBOVITCH : « Les caractéristiques dynamiques de fréquence des systèmes sélectifs ». Etude des systèmes linéaires arbitraires au point de vue de leurs caractéristiques dynamiques. Etablissement de formules simples pour le calcul des paramètres se rapportant à la position et à la valeur du maximum, à la largeur de la bande passante et au déplacement par rapport à la caractéristique statique. Discussion de l'applicabilité des formules.

— L. GOUTKINE et Mme TCHENTSOV : « Les phénomènes transitoires dans les systèmes amplificateurs haute fréquence — détecteur ». L'étude se rapporte au cas d'un détecteur diode et plusieurs types de circuits amplificateurs (circuit résonnant accordé, circuit désaccordé, circuits couplés). L'analyse est faite par la méthode des équivalents basse fréquence permettant une étude plus facile des phénomènes transitoires pour différentes variations de l'enveloppe du signal à l'entrée.

— I. ZAKHARIA : « L'amélioration des propriétés des schémas R.C. Pératifs ». Etude des chaînes à trois ou quatre éléments à résistance en parallèle, principalement utilisées pour réaliser la réaction dans les générateurs à tubes. L'auteur présente des formules pour le calcul des chaînes R.C. à trois cellules et pour évaluer l'influence des variations éventuelles des éléments du schéma.

— N. KOTCHANOV : « La construction de schémas à éléments concentrés pour reproduire les propriétés de réseaux à paramètres répartis ». L'auteur étudie la représentation de quelques fonctions irrationnelles et transcendantes représentant l'impédance d'entrée d'une longue ligne de transmission à l'aide de fractions continues. Il démontre la possibilité de construire ainsi des schémas bi et quadri polaires et reproduisant fidèlement les propriétés de la ligne en ce qui concerne aussi bien l'impédance d'entrée que la constante de transmission.

DOCUMENTATION TECHNIQUE

MÉTHODE MODERNE D'ÉQUIPEMENT DE CABLES

L'Alphlex Zipper Tubing est un nouveau produit de la Société Alpha Wire qui offre d'intéressantes possibilités pour les câblages d'organes.

Il est constitué par une enveloppe de chlorure de polyvinyl de 0,02 ± 0,001 pouce d'épaisseur, qui peut être fermée à l'aide d'un petit outil spécial de manière à former un tube. Il existe en 21 dimensions correspondant à des diamètres allant de 0,5 à 4 pouces, et en 2 couleurs : clair et noir. Les longueurs disponibles sont comprises entre 10 et 100 pieds. Des diamètres et des longueurs différentes peuvent être fournies sur commande.

Pour tous renseignements complémentaires s'adresser à : Ad. AURIEMA. INC., 85 Broad Street, New York 4. N.Y., U.S.A.

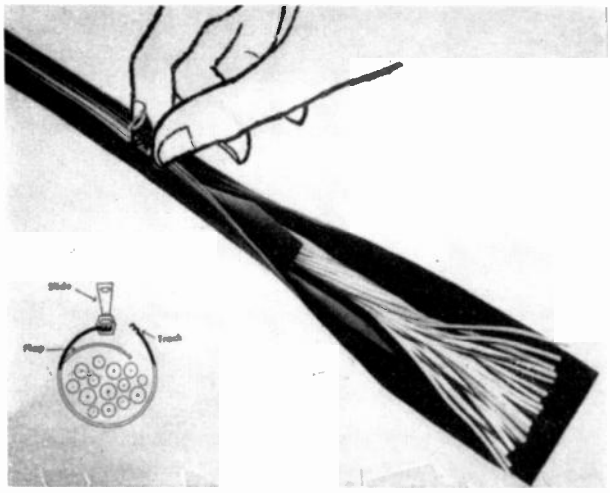


FIG. 1. — L'alphlex Zippe Tubing de la Société Alpha-Wire.

VISITE A LA SOCIÉTÉ GEOFFROY-DELORE

Le 26 mars nous nous sommes rendus à l'invitation de la Société GEOFFROY-DELORE en sa très moderne usine de Clichy. Les représentants des grandes administrations, des constructeurs radioélectriques et de la presse spécialisée ont tout d'abord entendu un exposé de M. GARNIER, Président de la Société, qui a retracé les étapes successives du développement de celle-ci depuis sa fondation en 1878.

Puis M. RIMBAULT, Directeur Général, a annoncé et justifié la fabrication de câbles coaxiaux à hautes performances aussi bien électriques que mécaniques.

A l'aube du Marché Commun, la Sté GEOFFROY-DELORE a eu le courage, en effet, de créer une importante chaîne, entièrement automatique, pour la fabrication de son câble GEDELEX.

Il s'agit d'un câble coaxial à diélectrique discontinu permettant de transmettre avec un affaiblissement et un taux d'ondes stationnaires faibles, des puissances importantes, jusqu'à 5 000 MHz.

Le conducteur extérieur annelé permet d'allier deux importants avantages : résistance mécanique élevée et réalisation de rayons de courbure réduits.

Le câble est le premier du genre existant sur le marché français. Il en existe 7 types différents tous réalisables par la même chaîne de fabrication.

C'est dans le hall même consacré à la fabrication du GEDELEX que les invités ont été réunis.

Après les exposés, ils ont pu suivre par petits groupes, sous la conduite des ingénieurs de la Société, les opérations successives de la fabrication, la chaîne étant en fonctionnement, puis visiter les laboratoires de mesure très bien équipés.

G.R.

TACHYMÈTRE « RACAL »

Le tachymètre M A 38 comprend un rotor à 60 dents tournant dans un champ magnétique, fournissant ainsi 60 impulsions par révolution complète.

Relié à l'un des fréquencemètres digitaux RACAL types SA 20 ou 21, il permet une lecture directe de la vitesse de rotation de l'axe dans une gamme allant de 100 à 20 000 tours/minute. Il est aussi utilisable avec d'autres fréquencemètres digitaux ayant une base de temps de une seconde. De façon générale il trouve son emploi pour tous les types de mesure pouvant être ramenés à un mouvement de rotation.

Pour de plus amples renseignements s'adresser à: RACAL Engineering Limited, Western Road, Brackwell, Berkshire, England.

FIG. 2. — Tachymètre RACAL.

COMMUNIQUÉS

ATOMES ET INDUSTRIE ATOME ET DROIT

Recueils des connaissances relatives à l'énergie nucléaire, publiés sur feuillets mobiles.

Les découvertes et les réalisations qui se succèdent à un rythme accéléré dans le domaine de l'énergie nucléaire imposent aux industriels, à quelque échelon qu'ils appartiennent — dirigeants, ingénieurs, cadres — l'obligation de se tenir au courant des méthodes nouvelles qui, depuis quelques années, bouleversent toutes les branches de la technique.

Une abondante littérature paraît quotidiennement, traitant des multiples problèmes scientifiques, techniques, pratiques ou juridiques suscités par l'emploi de l'énergie nucléaire. Malheureusement, jusqu'ici, cette énorme documentation n'a pu être valablement mise à profit par les dirigeants et techniciens de l'industrie parce qu'elle est éparse, publiée en plusieurs langues et que son étude exigerait beaucoup trop de temps.

« *Atome et Industrie* » et « *Atome et Droit* » ont parfaitement résolu le problème à l'intention des industriels et ingénieurs qui n'ont plus le droit d'ignorer l'essentiel des techniques nucléaires et leur fournissent, sous la forme de recueils de feuillets mobiles, une documentation très large, complète et sérieuse, présentant en outre l'avantage d'être constamment et continuellement mise à jour.

Cette documentation continuellement mise à jour se présente sous la forme de feuillets mobiles, groupés selon un classement rationnel en trois volumes à anneaux métalliques. Au fur et à mesure que le sujet évolue, le feuillet qui s'y rapporte est remplacé par un nouveau feuillet dûment complété, corrigé, remanié. De même, chaque fois que surgissent de nouveaux problèmes, des feuillets viennent s'ajouter à l'ouvrage, qui échappe ainsi au risque de se périmer.

(Editeurs : Société de Diffusion des Publications Scientifiques, Atome et Industrie, 6, rue de la Gare, Annemasse, Haute-Savoie).

OFFRE D'EMPLOI

O. 113. — « Marine Nationale recherche pour poste Ingénieur Contractuel, Ingénieur français, solide formation Electronique et Physique, pour travaux recherche appliquée. Fournir curriculum vitae à Section Equipements. — D.C.A.N. Brest »

COMMUNICATIONS DU CONGRÈS INTERNATIONAL CIRCUITS ET ANTENNES HYPERFRÉQUENCES

(Paris, 21 - 26 Octobre 1957)

SUPPLÉMENT SPÉCIAL A L'ONDE ÉLECTRIQUE

COMMUNICATIONS DU CONGRES INTERNATIONAL CIRCUITS ET ANTENNES HYPERFRÉQUENCES.

(A paraître en Juillet 1958).

1 volume broché in-4° carré, illustrations et photos ... 9 000 F

Prix de souscription valable jusqu'au 30 Juin 1958 .. 5 000 F

Chacune des communications est présentée dans celle des deux langues (anglais ou français) choisie par l'auteur.

Au sommaire :

Série I. Théories générales applicables aux guides d'ondes et aux antennes (équations de Maxwell, principe de Huygens et théorie de la diffraction en hyperfréquence, emploi du calcul matriciel et du calcul des variations, propagation des ondes non monochromatiques dans les guides).

Série II. Guides et lignes (lignes à ondes principales TEM, liaisons à grande distance par onde H_{01} (TE_{01}) dans les guides circulaires, ondes de surface, lignes de retard, technologie des guides pour ondes centimétriques et millimétriques, mesure dans les lignes et les guides).

Série III. Eléments de circuits (jonctions hybrides et coupleurs directifs, cavités et filtres de fréquence, transformateurs et filtres d'ondes : joints tournants, commutateurs de voies et duplexeurs, circuits de modulation et de détection hyperfréquence, etc.).

Série IV. Emploi de matériaux anisotropes (propagation : phénomènes de non réciprocité, applications).

Série V. Rayonnement des antennes (emploi des diélectriques naturels ou artificiels, réflecteurs, sources primaires, structures à éléments multiples et rayonnement des ondes de surface).

Série VI. Problèmes particuliers d'antennes ; mesures de rayonnement (antennes à balayage ou à commutation de faisceau, antennes spéciales, mesures, etc.).

RÉSUMÉS BILINGUES DES COMMUNICATIONS.

1 volume broché de 105 pages in-4° carré ..... 1 000 F

Chacun des résumés est présenté à la fois en anglais et en français. Cette brochure complète donc utilement le volume principal (dans la limite du stock existant).

BON DE COMMANDE

Je, soussigné

M. (ou Société) (1) :

Adresse complète :

désire exemplaire des communications

exemplaire des résumés.

soit : Francs Français que je vous envoie par chèque, virement (2) bancaire, postal (2).

à l'ordre de la « Société des Radioélectriciens » - CCP 15001-41 PARIS.

Date : Signature :

N.B. - *Toute commande non accompagnée du versement correspondant sera considérée comme nulle.*

(1) *En majuscules.*

(2) *Rayer les mentions inutiles.*

Imprimé en France par l'Imprimerie Marcel Bon. — Dépôt légal : 2e trimestre 1958 — I. n° 25. — 4.900. 578 E. n° 20. — La gérante : Mme Chiron

VIENT DE PARAITRE :

un ouvrage de base à l'intention de tous les ingénieurs et techniciens des télécommunications :

FAISCEAUX HERTZIENS
ET
SYSTEMES DE MODULATION

par

L. J. LIBOIS

Ingénieur des Télécommunications
au Centre National d'Etudes des Télécommunications
Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications.

PRÉFACE
de
P. MARZIN

Ingénieur Général des Télécommunications
Directeur du Centre National
d'Etudes des Télécommunications.

Un ouvrage de 512 pages 15 × 24 cm, 204 figures, de nombreuses photographies, relié pleine toile, fers spéciaux. -- Prix : 6.200 francs plus port s'il y a lieu.

Editions CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6e)

Malgré le développement considérable pris par la technique des faisceaux hertziens et des nouveaux systèmes de modulation, il n'existait jusqu'à présent, dans la littérature internationale, aucun ouvrage de base traitant l'ensemble de ces questions. Le livre que présentent aujourd'hui les Editions Chiron comble heureusement cette lacune : l'auteur y passe en revue les problèmes fondamentaux que posent aux ingénieurs l'étude, la réalisation et l'exploitation des faisceaux hertziens (qualité de transmission, spécification des systèmes, propagation des ondes, technique générale des équipements...) il y étudie également très en détail tous les systèmes actuels de transmission de l'information, depuis la modulation d'amplitude jusqu'aux procédés les plus récents de modulation codée. La question des distorsions et des bruits, dans les différents systèmes de modulation, que l'on peut considérer comme la question-clef du problème général de la transmission, fait en particulier l'objet d'études approfondies.

A ce titre, le présent ouvrage intéressera non seulement les ingénieurs et les techniciens des télécommunications, mais également tous ceux qui désirent aborder l'étude détaillée des systèmes modernes de transmission de l'information : des exemples, notamment, sont donnés sur les possibilités variées offertes par les systèmes à multiplexage par répartition dans le temps.

L'auteur, qui a participé aux Conférences Internationales (C.C.I.F. — C.C.I.R. — C.C.I.T.T.) qui ont jeté les bases de la normalisation des faisceaux hertziens, a tenu en outre à rappeler les points essentiels de cette normalisation et à souligner l'importance que présente la question des spécifications de qualité.

Ajoutons enfin que chaque chapitre comporte une importante bibliographie, il y a plus de 300 références bibliographiques pour l'ensemble de l'ouvrage.

∴

RADIO LINKS AND MODULATION SYSTEMS
by L.J. LIBOIS

The work which is published today by Editions Chiron will be welcomed by telecommunication engineers and technicians : all the fundamental problems of radio links and systems of modulation are examined in detail (transmission quality, system requirements, modulation processes, wave propagation, and general apparatus techniques...)

The various types of modulation, from amplitude to the most recent types of code modulation, are dealt with fundamentally and in detail ; the basic considerations of distortion and noise are, in particular, covered in a comprehensive manner.

It follows that this work must interest all those desirous of improving their knowledge of the theory and practice of modern transmission systems and of the very wide scope development of these systems.

ÉDITIONS CHIRON, PARIS-VIe